

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DIONES KRINSKI

“ARTRÓPODES ASSOCIADOS AO ARROZ DE TERRAS ALTAS, *Oryza sativa*,  
EM NOVO PROGRESSO, ESTADO DO PARÁ: NÍVEIS DE DANOS E  
ESTRATÉGIAS PARA MANEJO”

CURITIBA

2014

DIONES KRINSKI

“ARTRÓPODES ASSOCIADOS AO ARROZ DE TERRAS ALTAS, *Oryza sativa*,  
EM NOVO PROGRESSO, ESTADO DO PARÁ: NÍVEIS DE DANOS E  
ESTRATÉGIAS PARA MANEJO”

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas – Zoologia, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências, área de concentração Zoologia.

Orientador: Dr. Luís Amilton Foerster

CURITIBA

2014

## Ficha catalográfica

K92a Krinski, Diones  
Artrópodes associados ao arroz de terras altas, *Oryza sativa*, em  
Novo Progresso, estado do Pará: níveis de danos e estratégias  
para manejo / Diones Krinski – Curitiba [PR], 2014.  
326f.: il.; 21x29,7 cm.

Tese de doutorado em Ciências (Zoologia). Universidade  
Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Zoologia.  
Orientador: Dr. Luís Amilton Foerster.

1. Zoologia Aplicada. 2. Agronomia. 3. Danos e Estragos nas  
Plantas. I. Krinski, D. II. Título.

CDU – 591.6+632



Ministério da Educação  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
Setor de Ciências Biológicas  
Programa de Pós-Graduação Zoologia



## TERMO DE APROVAÇÃO

*Diones Krinski*

**“Artrópodes Associados ao Arroz de Terras Altas, *Oryza sativa*, em Novo Progresso, Estado do Pará: Níveis de Danos e Estratégias para Manejo”**

Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Zoologia, do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte Comissão Examinadora:

Dr. Luís Amilton Foerster  
Orientador

Dr. Bruno Alexis Z. Salamina  
Membro Externo – IDIA Panamá

Dr. José Alexandre Freitas Barrigossi  
Membro Externo – Embrapa

Dr. Bráulio Santos  
Membro Interno - UFPR

Dr. Lino Bittencourt Monteiro  
Membro Interno - UFPR

Curitiba, 31 de julho de 2014.

Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas - Zoologia/UFPR  
Setor de Ciências Biológicas - Departamento de Zoologia  
Caixa Postal 19020 - CEP 81531-980 - Curitiba - Paraná  
Telefone/FAX +55 (0\*\*41) 3361-1641



## *Dedicatória*

*À toda minha família, em especial aos meus irmãos  
Anderson Krinski e Rodrigo D. Krinski, meus pais,  
Claudio Krinski e Marlete Florentino e ao meu  
amigo e companheiro Marcos Rosa da Rocha, por  
me apoiarem nessa etapa da minha vida.*

**DEDICO!**

## Agradecimentos

### Amigos

Rafael Cerigato  
 Robson de Oliveira Marcos Gonçalves  
 Ane Adelle Elisama Santos  
 Einstein Halking Maria Eunice Aline Foletto  
 Giselle Moreno Felipe Cerigato Tia Edinalice  
 Einstein Aguiar Sandra Dorne Bruna Favetti  
 Lia Aroma Isabella Calvo Nathalya Machado  
 Marilza Machado Família Tati Deoti  
 Tia Erenilda Tio Sérgio Vô Eurides  
 Alininha Vô Nena (in memoriam) Célia  
 Wellinton Tagico (in memoriam) Nina  
 Paulo Neri  
 Bruno Camera Marcos Chiquinha  
 Edivaldo Pai Mãe Andi Seba Bigo

### Muito Obrigado!

Universidade Federal do Paraná  
 Laboratório de Controle Integrado de Insetos  
 Colegas Luís A. Foerster Joyce Ana Arnt  
 Karen Fernanda Marion Leandra Amorim  
 Lívia Angélica Tamara Leo Bruna C. Gualda  
 Ariane Carla Vanessa Milena Celice Alexandre  
 Ana Carol Flávia Laura Ralskd Mônica Josene  
 Sandra Ludwig Salise Leonardo Morais Turchen  
 Darlene Gonçalves Rafael Walter Augusta Doetzer  
 Renata Scremin Cida Ana Regina Alessandra Butnariu  
 Mariana Carlos E. Conte Jamile UNEMAT Mary Costa  
 Vanessa Monica Danielski  
 Vera Murilo Maria Angélica Instituições  
 Cicero Dechamps Daniel EMBRAPA CAPES  
 Vanderlei Edson Hirose José Alexandre Barrigossi CNPq  
 Raphael Segantini Newton Edmar Keneson Gabriel Elizabeth  
 Jéssica Kaiser Francisco Luis Murilo Eder Mariane Gerusa Edson Fernanda  
 Felipe Juliana Alonso Miriam Carlos Lurian Julyana Flavia Henrique  
 Fernanda Palú Taxonomistas Andressa Paladini Paulo Eterno  
 Gilnei Jocélia Grazia Angélico Asenjo Cecilia Margarita Nayra Thais  
 Ana Lucia Marta Loiacono Daniel Aquino Janael Ricetti Elton  
 Victor Becker Diego R. Dolibaina Helena C. Onody Raquel Carvalho  
 Maria Cristina Micheline Carvalho-Silva Kátia Matiotti  
 Bolívar R. G. Barrett Hélcio R. Gill Santana Juliana C. Rengifo  
 Francisco A. Ganeio de Mello José A. M. Fernandes  
 Germano H. Rosado Neto Eduardo M. Shimbori  
 Silvio Nihei

## *Epígrafe*

*"A ciência trabalha na fronteira entre o conhecimento e a ignorância.  
Não temos medo de admitir o que não sabemos. Não existe vergonha nisso.  
A única vergonha é fingir que temos todas as respostas."*

*Neil deGrasse Tyson*

## Lista de Figuras

- Figura 1.1.** Mapa da Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA (7°07'45.71"S 55°23'21.13"W). Locais das amostragens de artrópodes em plantação de arroz. Delimitação de cor amarela: área sem aplicação de produtos fitossanitários. Delimitação vermelha: área com aplicação de produtos fitossanitários. Fonte: GoogleEarth com modificações (Diones Krinski)..... 17
- Figura 1.2.** Mapa das áreas de coletas de artrópodes. Croqui das metodologias de coletas, com armadilha de solo, pano de batida e rede entomológica. Delimitação de cor amarela: área sem aplicação de produtos fitossanitários. Delimitação vermelha: área com aplicação de produtos fitossanitários..... 18
- Figura 1.3.** Porcentagem (e quantidade de exemplares) de cada gênero de formigas coletado em áreas com e sem aplicação de produtos fitossanitários. Amostragem por armadilha de solo (tipo *pitfall*). Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA, 2010-2011..... 27
- Figura 1.4.** Flutuação populacional dos gêneros *Acromyrmex*, *Camponotus*, *Dorimyrmex* e *Solenopsis* encontrados em áreas com e sem aplicação de produtos fitossanitários. Amostragem por armadilhas de solo (*pitfalls*). Setas indicam as datas de aplicação de produtos fitossanitários (14/jan/2011: Ally+Herbadox+Pounce; e 5/fev/2011: Parathion+Odin+Priori). Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA, 2010-2011..... 28
- Figura 1.5.** Flutuação populacional de *Oebalus poecilus* (linhas pontilhadas) e *Oebalus ypsilongriseus* (linhas contínuas) em área de cultivo de arroz com e sem aplicação de agroquímicos. Amostragem por rede de varredura. Setas: datas das aplicações dos produtos fitossanitários (14/jan/2011: Ally+Herbadox+Pounce; e 5/fev/2011: Parathion+Odin+Priori). Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA, 2010-2011..... 32
- Figura 1.6.** Flutuação populacional de *Mormidea maculata* em área de cultivo de arroz com e sem aplicação de agroquímicos. Amostragem por rede de varredura. Setas: datas das aplicações dos produtos fitossanitários (14/jan/2011: Ally+Herbadox+Pounce; e 5/fev/2011: Parathion+Odin+Priori). Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA, 2010-2011..... 33
- Figura 1.7.** Flutuação populacional de *Tibraca limbativentris* em área de cultivo de arroz com e sem aplicação de agroquímicos. Setas: datas das aplicações dos produtos fitossanitários (14/jan/2011: Ally+Herbadox+Pounce; e 5/fev/2011: Parathion+Odin+Priori). Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA, 2010-2011..... 34
- Figura 1.8.** Flutuação populacional de *Tibraca limbativentris* em área de cultivo de arroz em diferentes metodologias de amostragem (rede de varredura, armadilha de solo e pano de batida). Setas: datas das aplicações dos produtos fitossanitários (14/jan/2011: Ally+Herbadox+Pounce; e 5/fev/2011: Parathion+Odin+Priori). Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA, 2010-2011..... 35

**Figura 1.9.** Flutuação populacional de *Mocis latipes* (número médio por semana amostrada) e seus parasitoides (Diptera, Tachinidae) em área com e sem aplicação de agroquímicos. Setas: datas das aplicações dos produtos fitossanitários (14/jan/2011: Ally+Herbadox+Pounce; e 5/fev/2011: Parathion+Odin+Priori). Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA, 2010-2011..... 40

**Figura 1.10.** Flutuação populacional de *Neoconocephalus* sp. em área sem aplicação de agroquímicos. Amostragem por rede de varredura e armadilha de solo (*pitfalls*). Setas: datas das aplicações dos produtos fitossanitários (14/jan/2011: Ally+Herbadox+Pounce; e 5/fev/2011: Parathion+Odin+Priori). Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA, 2010-2011..... 41

**Figura 1.11.** Flutuação populacional de *Tetrix subulata* em área sem aplicação de agroquímicos. Amostragem por rede de varredura. Setas: datas das aplicações dos produtos fitossanitários (14/jan/2011: Ally+Herbadox+Pounce; e 5/fev/2011: Parathion+Odin+Priori). Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA, 2010-2011..... 42

**Figura 1.12.** Flutuação populacional de lepidópteros e pentatomídeos em área de cultivo de arroz com aplicação de agroquímicos. Setas: datas das aplicações dos produtos fitossanitários. Amostragem por rede de varredura (Hemiptera) e pano de batida (Lepidoptera). Setas: datas das aplicações dos produtos fitossanitários (14/jan/2011: Ally+Herbadox+Pounce; e 5/fev/2011: Parathion+Odin+Priori). Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA, 2010-2011..... 49

**Figura 1.13.** Flutuação populacional de lepidópteros e pentatomídeos em área de cultivo de arroz sem aplicação de agroquímicos. Amostragem por rede de varredura (Hemiptera) e pano de batida (Lepidoptera). Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA, 2010-2011..... 50

**Figure 2.1** Collection area. Farm Florentino, Novo Progresso, Pará State, Brazil... 70

**Figure 2.2** *Hypatropis inermis*. A) Feeding position with the head down; B) Male and female copulating on rice stems; C) Comparison of the size of *H. inermis* (right) with *Tibraca limbativentris*..... 71

**Figure 3.1** Percentage of defoliation used in the experiments..... 81

**Figure 3.2** Average number of spikelets per panicles. Bars of the same color followed by same letters between the percentages of defoliation did not differ by Kruskal-Wallis test ( $p < 0.05$ ). Black bars: filled spikelets ( $H = 227\ 225$ ,  $p < 0.001$ ); Gray bars: empty spikelets ( $H = 254\ 884$ ,  $p < 0.001$ ); Above the bars: total of spikelets ( $H = 222\ 582$   $p < 0.001$ )..... 84

**Figure 3.3** Mean values, standard errors and linear regression (with  $R^2$ ). a) Number of filled grains per panicle; b) Average number of empty grains per panicle in the different phenological stages and percentage of defoliation..... 89

**Figure 3.4** Mean values, standard errors and linear regression (with  $R^2$ ). a) Average total number of grains (empty and full) per panicle; b) Percentage of damage for each percentage of defoliation and different phenological stages..... 90

**Figure 3.5** Mean values and linear regression (with  $R^2$ ). a) Average weight of filled grains per panicle; b) Average weight of 100 grains of rice in the different phenological stages and percentage of defoliation..... 91

**Figure 4.1** Model of the "cage" made with plastic bottles (2-L PET) for use in the experiment (A): 1) Perforated plastic bottle and the clipping regions; 2) veil fabric forming a fabric tunnel; 3) cut plastic bottle; d) fabric tube glued in the bottle; 4) cages placed on rice plants; 5) number of stink bugs that were placed in cages with plants; and 6) tied cage [closed] with a strip of fabric. (B): Cages installed in culture of rice containing stink bugs..... 103

**Figure 4.2** Mean number of filled grains (black columns), empty spikelets (gray columns), and total spikelets per panicle (black columns plus gray columns) after infestation with different amounts of adults of the *Tibraca limbativentris*. A) V8 stage; B) V12 stage; C) R3/R4 stage. Bars followed by the same lowercase letters between the various infestations do not differ by Tukey test, and uppercase by the Kruskal-Wallis test ( $p < 0.05$ ). NS= not significant ..... 107

**Figure 4.3** Percentage of damage in rice grains production after infestation with adults *Tibraca limbativentris* in different phenological phases. A) V8 stage ( $H = 29.944$ ,  $p = < 0.0001$ ); B) stage V12 ( $H = 16.189$ ,  $p = 0.001$ ); C) stage R3/R4 ( $H = 12.118$ ,  $p = 0.007$ ). Bars followed by different letters in the same infestations do not differ by Kruskal-Wallis test ( $p < 0.05$ )..... 108

**Figure 5.1.** Experimento para isolamento dos percevejos em cada tratamento. A) Esquematização da trutura montada em cada planta de arroz; B) Detalhe dos percevejos e panícula dentro da "gaiola"; e C) Estrutura montada em campo.....125

**Figure 5.2.** Tipos de grãos. A) grãos saudáveis; B) grãos manchados; C) grãos atrofiados; D) grãos gessados; e E) grãos quebrados (quirera)..... 127

**Figure 5.3** Número médio total (linha) de espiguetas (cheias e vazias), número médio de espiguetas cheias (barras pretas) e número médio de espiguetas vazias (barras brancas) por panícula de arroz após infestação com diferentes quantidades de *Oebalus poecilus* ao longo de todos estágios fenológicos analisados. Novo Progresso/PA, Brasil. 2011-2012. Colunas de mesma cor seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste Kruskal-Wallis; NS= não significativo..... 130

**Figure 5.4.** Porcentagem de grãos saudáveis (linha), manchados, atrofiados e gessados (barras) por panícula de arroz após infestação com diferentes quantidades de *Oebalus poecilus* ao longo de todos estágios fenológicos analisados. Novo Progresso/PA, Brasil. 2011-2012. Colunas e linha de mesma cor seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste Kruskal-Wallis..... 132



**Figure 5.5.** Porcentagens médias do peso dos grãos saudáveis, avariados (manchados, atrofiados e gessados) e quebrados (quirera) por panícula de arroz após infestação com diferentes quantidades de *Oebalus poecilus* ao longo de todos estágios fenológicos analisados. Novo Progresso/PA, Brasil. 2011-2012. Colunas e linha de mesma cor seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste Kruskal-Wallis..... 134

**Figure 5.6.** Porcentagem de danos na quantidade (barras) e no peso (linha) de grãos por panícula após infestação com diferentes quantidades de *Oebalus poecilus* ao longo de todos os estágios fenológicos analisados. Novo Progresso/PA. Brasil. 2011-2012. Colunas e linha de mesma cor seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste Kruskal-Wallis..... 136

**Figura 6.1.** Porcentagem de eclosão de ninfas após imersão de ovos de *Tibraca limbativentris*, em óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper aduncum*. (A) Folhas, (B) Inflorescências. A seta indica onde ocorreu o efeito hormese..... 163

**Figura 6.2.** Comparação da porcentagem média de ninfas eclodidas ( $\pm$  erro padrão) após a imersão de ovos de *Tibraca limbativentris* nos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper aduncum*. A) Ovos com 24 horas de idade (HI); B) Ovos com 48 HI; C) Ovos com 72 HI; e D) Ovos com 96 HI. Avaliação realizada 240 horas após a imersão dos ovos (HAIO) em cada tratamento..... 164

**Figura 6.3.** Principais constituintes químicos presentes em óleos essenciais de folhas (a) e inflorescências (b) de *Piper aduncum* coletados em Tangará da Serra. MT. 2012. 1) Miristicina; 2) Z-Carpacina e 3) Dilapiol..... 165

**Figura 6.4.** Porcentagem de eclosão de ninfas após imersão de ovos de *Tibraca limbativentris*, em óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper malacophyllum*. (A) Folhas, (B) Inflorescências. A seta indica onde ocorreu o efeito hormese..... 168

**Figura 6.5.** Comparação da porcentagem média de ninfas eclodidas após a imersão de ovos de *Tibraca limbativentris* com diferentes idades, nos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper malacophyllum*. Avaliação realizada 240 horas após a imersão dos ovos (HAIO) em cada tratamento..... 169

**Figura 6.6.** Principais constituintes químicos presentes em óleos essenciais de folhas (a) e inflorescências (b) de *Piper malacophyllum* coletados em Tangará da Serra. MT. 2012. 3) Dilapiol; 4) o-Cymene; 5)  $\gamma$ -Terpinene; 6)  $\alpha$ -Guaiene; 7) trans- $\beta$ -Guaiene; 8)  $\alpha$ -Bulnesene e 9)  $\beta$ -Cubebene..... 170

**Figura 6.7.** Porcentagem de eclosão de ninfas após imersão de ovos de *Tibraca limbativentris*, em óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper marginatum*. (A) Folhas, (B) Inflorescências..... 173

**Figura 6.8.** Comparação da porcentagem média de ninfas eclodidas após a imersão de ovos de *Tibraca limbativentris* com diferentes idades, nos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper marginatum*. Avaliação realizada 240 horas após a imersão dos ovos (HAIO) em cada tratamento..... 174

**Figura 6.9.** Principais constituintes químicos presentes em óleos essenciais de folhas (a) e inflorescências (b) de *Piper marginatum* coletados em Tangará da Serra. MT. 2012. 10) Prezizane; 11) Spathulenol e 12) Longifolene. \*Ftalato ..... 175

**Figura 6.10.** Porcentagem de eclosão de ninfas após imersão de ovos de *Tibraca limbativentris*, em óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper gaudichaudianum*. (A) Folhas, (B) Inflorescências. A seta indica onde ocorreu o efeito hormese..... 178

**Figura 6.11.** Comparação da porcentagem média de ninfas eclodidas após a imersão de ovos de *Tibraca limbativentris* com diferentes idades, nos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper gaudichaudianum*. Avaliação realizada 240 horas após da imersão dos ovos (HAIO) em cada tratamento..... 179

**Figura 6.12.** Principais constituintes químicos presentes em óleos essenciais de folhas (a) e inflorescências (b) de *Piper gaudichaudianum* coletados em Tangará da Serra. MT. 2012. 6)  $\alpha$ -guaiene; 13) Longipinanol; 14) Globulol; 15) 5-epi-7-epi- $\alpha$ -eudesmol; 16) Sabinene e 17)  $\delta$ -2-carene..... 180

**Figura 6.13.** Porcentagem de eclosão de ninfas após imersão de ovos de *Tibraca limbativentris*, em óleo essencial de folhas de *Piper tuberculatum*. (A) Folhas, (B) Inflorescências. A seta indica onde ocorreu o efeito hormese..... 182

**Figura 6.14.** Principais constituintes químicos presentes em óleos essenciais de folhas (a) e inflorescências (b) de *Piper tuberculatum* coletados em Tangará da Serra. MT. 2012. 1) Miristicina; 3) Dilapiol; 6)  $\alpha$ -Guaiene; 18) 9-epi-E-Cariofilene e 19) trans-Murola-4(14).5-Diene..... 182

**Figura 6.15.** Regressões lineares do efeito dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper aduncum* sobre posturas de *Tibraca limbativentris* com diferentes idades (24, 48, 72 e 96 horas de idade)..... 189

**Figura 6.16.** Regressões lineares do efeito dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper gaudichaudianum* sobre posturas de *Tibraca limbativentris* com diferentes idades (24, 48, 72 e 96 horas de idade)..... 190

**Figura 6.17.** Regressões lineares do efeito dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper malacophyllum* sobre posturas de *Tibraca limbativentris* com diferentes idades (24, 48, 72 e 96 horas de idade)..... 191

**Figura 6.18.** Regressões lineares do efeito dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper marginatum* sobre posturas de *Tibraca limbativentris* com diferentes idades (24, 48, 72 e 96 horas de idade)..... 192

**Figura 6.19.** Regressões lineares do efeito dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper tuberculatum* sobre posturas de *Tibraca limbativentris* com diferentes idades (24, 48, 72 e 96 horas de idade) ..... 193

**Figura 7.1.** Comparação da porcentagem média ( $\pm$  erro padrão) de mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas, ramos e inflorescências de *Piper aduncum*. Avaliações realizadas 3, 24, 72 e 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 221

- Figura 7.2.** Regressão linear entre a mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* e as concentrações dos óleos essenciais de folhas, inflorescências e ramos de *Piper aduncum* 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 222
- Figura 7.3.** Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas, inflorescências e ramos de *Piper aduncum*. Avaliações realizadas 3 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 223
- Figura 7.4.** Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas, inflorescências e ramos de *Piper aduncum*. Avaliações realizadas 24 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 224
- Figura 7.5.** Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas, inflorescências e ramos de *Piper aduncum*. Avaliações realizadas 72 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 225
- Figura 7.6.** Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas, inflorescências e ramos de *Piper aduncum*. Avaliações realizadas 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA) ..... 226
- Figura 7.7.** Comparação da porcentagem média ( $\pm$  erro padrão) de mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper gaudichaudianum*. Avaliações realizadas 3, 24, 72 e 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 229
- Figura 7.8.** Regressão linear simples entre a mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* e as concentrações dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper gaudichaudianum* 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).... 230
- Figura 7.9.** Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper gaudichaudianum*. Avaliações realizadas 3 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 231
- Figura 7.10.** Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper gaudichaudianum*. Avaliações realizadas 24 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 232
- Figura 7.11.** Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper gaudichaudianum*. Avaliações realizadas 72 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 233
- Figura 7.12.** Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper gaudichaudianum*. Avaliações realizadas 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 234

- Figura 7.13.** Comparação da porcentagem média ( $\pm$  erro padrão) de mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper malacophyllum*. Avaliações realizadas 3, 24, 72 e 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 237
- Figura 7.14.** Regressão linear simples entre a mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* e as concentrações dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper malacophyllum*. Avaliação realizada 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 238
- Figura 7.15.** Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper malacophyllum*. Avaliações realizadas 3 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 239
- Figura 7.16.** Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper malacophyllum*. Avaliações realizadas 24 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA) ..... 240
- Figura 7.17.** Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper malacophyllum*. Avaliações realizadas 72 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 241
- Figura 7.18.** Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper malacophyllum*. Avaliações realizadas 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 242
- Figura 7.19.** Comparação da porcentagem média ( $\pm$  erro padrão) de mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper marginatum*. Avaliações realizadas 3, 24, 72 e 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 245
- Figura 7.20.** Regressão linear simples entre a mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* e as concentrações dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper marginatum*. Avaliação realizada 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 246
- Figura 7.21.** Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper marginatum*. Avaliações realizadas 3 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 247
- Figura 7.22.** Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper marginatum*. Avaliações realizadas 24 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 248

**Figura 7.23.** Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper marginatum*. Avaliações realizadas 72 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 249

**Figura 7.24.** Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper marginatum*. Avaliações realizadas 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 250

**Figura 7.25.** Regressão linear simples entre a mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* e as concentrações dos óleos essenciais de folhas de *Piper tuberculatum* 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 252

**Figura 7.26.** Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas de *Piper tuberculatum*. Avaliações realizadas 3 e 24 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 253

**Figura 7.27.** Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas de *Piper tuberculatum*. Avaliações realizadas 72 e 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA)..... 254

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1.1.</b> Diversidade de artrópodes coletados em cultivo de arroz de terras altas, fazenda Florentino, Novo Progresso/PA. 2010-2011.....	20
<b>Table 3.1.</b> Percentage of reduction in grain production (US/TS*100) caused by different levels of defoliation (%) in three phenological stages from upland rice. Novo Progresso, PA, Brazil 2011-2012.....	85
<b>Table 3.2.</b> Mean weight (g) of filled grains per panicle of rice in each percent defoliation. Novo Progresso, PA, 2011-2012.....	86
<b>Table 3.3.</b> Average weight of 100 filled grains in each percent defoliation. Novo Progresso, PA, 2011-2012.....	88
<b>Table 4.1.</b> Days (mean $\pm$ SE <sup>2</sup> ) to emission of the panicle after infestation with different numbers of stink bugs <i>Tibraca limbativentris</i> in rice plants at different growth stages. Novo Progresso – Pará State, Brazil. 2011-2012.....	104
<b>Table 4.2.</b> Mean number of white panicles after infestation with different amounts of stink bugs <i>Tibraca limbativentris</i> in rice plants at different growth stages. Novo Progresso – Pará State, Brazil. 2011-2012.....	105
<b>Table 4.3.</b> Mean number of dead hearts after infestation with different amounts of stink bugs <i>Tibraca limbativentris</i> in rice plants at different growth stages. Novo Progresso – Pará State, Brazil. 2011-2012.....	105
<b>Table 4.4.</b> Mean number of primary ramifications per panicle after infestation with different amounts of stink bugs <i>Tibraca limbativentris</i> in rice plants at different growth stages. Novo Progresso – Pará State, Brazil. 2011-2012.....	106
<b>Tabela 5.1.</b> Totais e porcentagens médias de grãos saudáveis, manchados, atrofiados e gessados por panícula de arroz após infestação com diferentes quantidades de <i>Oebalus poecilus</i> ao longo de todos estágios fenológicos analisados. Novo Progresso/PA, Brasil. 2011-2012.....	131
<b>Tabela 5.2.</b> Peso total médio dos grãos por panícula, peso médio de grãos saudáveis, avariados (manchados, atrofiados e gessados), quebrados (quirera) e porcentagem de danos sobre o peso dos grãos após infestação com diferentes quantidades de <i>Oebalus poecilus</i> em cada estágio fenológico analisado. Novo Progresso/PA, Brasil. 2011-2012.....	133
<b>Tabela 5.3.</b> Porcentagem de danos na quantidade e peso de grãos por panícula após infestação com diferentes quantidades de percevejos <i>Oebalus poecilus</i> em cada estágio fenológico analisado. Novo Progresso/PA. Brasil. 2011-2012.....	135



- Tabela 6.1.** Número e porcentagem média de eclosão ( $\pm$  erro padrão) de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a imersão de posturas com 24, 48, 72 e 96 horas de idade (HI) em diferentes concentrações dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper aduncum*..... 162
- Tabela 6.2.** Número e porcentagem média de eclosão ( $\pm$  erro padrão) de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a imersão de posturas com 24, 48, 72 e 96 horas de idade (HI) em óleos essenciais de *Piper malacophyllum*..... 167
- Tabela 6.3.** Número e porcentagem média de eclosão ( $\pm$  erro padrão) de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a imersão de posturas com 24, 48, 72 e 96 horas de idade em óleos essenciais de *Piper marginatum*..... 172
- Tabela 6.4.** Número e porcentagem média de eclosão ( $\pm$  erro padrão) de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a imersão de posturas com 24, 48, 72 e 96 horas de idade (HI) em diferentes concentrações dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper gaudichaudianum*..... 177
- Tabela 6.5.** Número e porcentagem média de eclosão ( $\pm$  erro padrão) de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a imersão de posturas com 24, 48, 72 e 96 horas de idade (HI) em diferentes concentrações do óleo essencial de folhas de *Piper tuberculatum*..... 181
- Tabela 6.6.** Número e porcentagem média ( $\pm$  erro padrão) de ninfas de *Tibraca limbativentris* eclodidas após imersão em diferentes concentrações de óleos essenciais das folhas de cinco espécies de plantas da família Piperaceae..... 184
- Tabela 6.7.** Número e porcentagem média ( $\pm$  erro padrão) de ninfas de *Tibraca limbativentris* eclodidas após imersão em diferentes concentrações de óleos essenciais das inflorescências de quatro espécies de plantas da família Piperaceae..... 185
- Tabela 6.8.** Concentrações letais dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper* spp. para inviabilizar 50% (CL50) dos ovos de *Tibraca limbativentris* com diferentes idades..... 188
- Tabela 7.1.** Porcentagem média de mortalidade de ninfas ( $\pm$  erro padrão) após a aplicação dos óleos essenciais de folhas, inflorescências e ramos de *Piper aduncum* sobre ninfas de 2° instar de *Tibraca limbativentris*..... 220
- Tabela 7.2.** Número e porcentagem média de mortalidade de ninfas ( $\pm$  erro padrão) após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper gaudichaudianum* sobre ninfas de 2° instar de *Tibraca limbativentris* ..... 228
- Tabela 7.3.** Número e porcentagem média de mortalidade de ninfas ( $\pm$  erro padrão) após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper malacophyllum* sobre ninfas de 2° instar de *Tibraca limbativentris*..... 236

**Tabela 7.4.** Número e porcentagem média de mortalidade de ninfas ( $\pm$  erro padrão) após diferentes tempos de aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper marginatum* sobre ninfas de 2º instar de *Tibraca limbativentris*..... 244

**Tabela 7.5.** Número e porcentagem média de mortalidade de ninfas ( $\pm$  erro padrão) após diferentes tempos de aplicação dos óleos essenciais de folhas de *Piper tuberculatum* sobre ninfas de 2º instar de percevejos *Tibraca limbativentris*..... 251

**Tabela 7.6.** Número e porcentagem média de mortalidade (média<sup>1</sup> $\pm$ EP) de ninfas de 2º instar de *Tibraca limbativentris* após diferentes tempos de aplicação de óleos essenciais das folhas de diferentes espécies de plantas da família Piperaceae. N= 10 ninfas..... 256

**Tabela 7.7.** Número e porcentagem média de mortalidade (média<sup>1</sup> $\pm$ EP) de ninfas de 2º instar de *Tibraca limbativentris* após diferentes tempos de aplicação de óleos essenciais das inflorescências de diferentes espécies de plantas da família Piperaceae. N= 10 ninfas..... 257

**Tabela 7.8.** Mortalidade de ninfas de 2º instar de *Tibraca limbativentris* (média<sup>1</sup> $\pm$ EP) após diferentes tempos de aplicação de óleos essenciais de diferentes partes vegetais de *Piper* spp. N= 10 ninfas..... 258

**Tabela 7.9.** Tempo médio (dias  $\pm$  erro padrão) para ninfas de 2º instar de *Tibraca limbativentris* chegarem ao 3º instar após a aplicação de óleos essenciais das cinco espécies de Piperaceae..... 259

## Lista de Abreviações

ANOVA – análise de variância

*Bta* - *Bacillus thuringiensis* var. *aizawai*

CL<sub>50</sub> – concentração letal para matar/inviabilizar 50% da população

cm - centímetro

Eds. - editores

EIL - economic injury level

EP – erro padrão

et al. – e outros; e colaboradores

eV – electron Volts

GC/MS - Gas Chromatography–Mass Spectrometry

HAA – horas após a aplicação

HAIO - horas após da imersão dos ovos

HI – horas de idade

IPM - integrative pest management

m – metro

m – metros

m/z - razão massa/carga

MDP – metilenedioxidofenil

min - minutos

MIP - Manejo Integrado de Pragas

ml - mililitro

mm – milímetro

N - nitrogênio

NADH - Dinucleótido de nicotinamida e adenina reduzido

NGA - número de grãos atrofiados

NGG - número de grãos gessados

NGM - número de grãos manchados

nov. – novo(a)

Orgs. - organizadores

PDPG - porcentagens de danos no peso dos grãos

PDQG - porcentagens de danos na quantidade de grãos por panícula

PET - politereftalato de etileno

PGA - peso de grãos atrofiados

PGG - peso de grãos gessados

PGM - peso de grãos manchados

PGQ - peso de grãos quebrados

PSMO - monooxigenase poli-substrato

PTG - peso total de grãos por panícula

R3/R4 - estágio reprodutivo R3/R4 (liberação da panícula ou antese)

R6 - estágio de grão leitoso (enchimento dos grãos)

R7 - estágio ceroso e massa dura (enrijecimento dos grãos)

S – sul

SE - Standard Error

TG - número total de grãos por panícula

TS – total number of spikelets

UR - Umidade Relativa

US – unfilled spikelets

V12 - estágio vegetativo V12 (formação da folha bandeira)

V8 - estágio vegetativo V8 (formação do colar na 8ª folha do colmo principal)

W - west

μL - microlitro

μm – micrometro

## Lista de Siglas

AGROFIT - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários  
CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior  
CNPAP - Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão  
CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico  
CUTS – Campus Universitário de Tangará da Serra  
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
EUA - Estado Unidos da América  
FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations  
IDIAP – Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá  
IRGA - Instituto Rio Grandense do Arroz  
IRRI - International Rice Research Institute  
MT – Estado de Mato Grosso  
PA – Estado do Pará  
PR – Estado do Paraná  
TANG - Herbário Tangará  
UFPR – Universidade Federal do Paraná  
UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco  
UnB - Universidade de Brasília  
UNEMAT – Universidade do Estado de Mato Grosso

## Lista de Símbolos

% - porcentagem  
& - e, e comercial  
@ - arroba  
' – minutos  
" – segundos  
< - menor que  
± - mais ou menos  
® -  
° - graus  
°C – graus Celsius  
 $\alpha$  – alfa  
 $\beta$  – beta  
 $\delta$  – delta



## Artrópodes associados ao arroz de terras altas cultivado em região amazônica, estado do Pará: níveis de dano e possíveis estratégias para manejo

### Resumo Geral

O arroz, em seu processo evolutivo adaptou-se aos mais variados ambientes, no entanto, diversos mecanismos causam a redução da produção deste grão. Entre esses fatores, os insetos-pragas se destacam como responsáveis por grande parte das perdas que vão desde a germinação até a colheita. Todavia, as informações sobre os organismos que ocorrem em plantações de arroz, são quase que exclusivamente para culturas de arroz irrigado, sendo os dados para o arroz de terras altas, ainda incipientes, principalmente nas regiões de maior utilização deste tipo de cultivo (Centro-Oeste, Norte e Nordeste do Brasil). Assim, essa tese teve como objetivos realizar o levantamento da entomofauna presente em cultura de arroz de terras altas, verificar os níveis de danos das principais pragas encontradas, e propor estratégias alternativas ao controle químico, utilizando plantas fitoinseticidas. O levantamento e os experimentos de campo foram realizados na fazenda Florentino, município de Novo Progresso, sudoeste do estado do Pará. O inventário da artropodofauna mostrou que o complexo dos principais artrópodes encontrados condiz com o que já se conhece para outras regiões produtoras de arroz no Brasil, principalmente pelos padrões e flutuações populacionais observados para os lepidópteros e pentatomídeos pragas. Além disso, registrou-se pela primeira vez o percevejo fitófago, *Hypatropis inermis* se alimentando de colmos de arroz, e um novo gênero de percevejo predador novo para a ciência (Pentatomidae, Asopinae). Os experimentos de simulação do ataque de pragas desfolhadoras propiciaram a mensuração do nível de desfolha que a cultura pode suportar em determinado estágio fenológico e também permitiu quantificar a perda de produtividade. Estes dados podem ser utilizados para reduzir os custos do controle químico, pois mostraram que para o arroz de terras altas, as desfolhas quando ocorrem principalmente no estágio vegetativo, requerem uma alternativa de controle. Nos experimentos em campo, para a avaliação dos danos ocasionados pelos principais percevejos-pragas, mostrou que a alimentação do percevejo-do-colmo, *Tibraca limbativentris*, afetou o tempo para liberação da panícula, aumentou o número de corações mortos e panículas brancas, e afetou a quantidade de sementes produzidas, quando a alimentação aconteceu na fase vegetativa. Considerando os danos observados, sugere-se que se mantenha o nível de infestação já relatado na literatura para a tomada de decisão para o controle e acrescenta-se que o monitoramento da lavoura deve ocorrer durante todo o estágio vegetativo, uma vez que foi nesta fase fenológica que os maiores danos foram observados. Já a alimentação do percevejo-das-panículas, *Oebalus poecilus*, mostrou que no arroz de terras altas, os grãos de arroz são suscetíveis aos danos quantitativos (quantidade e peso dos grãos) e qualitativos (grãos manchados, atrofiados, gessados e quebrados) ao longo de todo o desenvolvimento das panículas. Todavia, quando os insetos se alimentam durante as fases de antese/cariopse e leitosa ocasionam percentuais significativamente maiores de grãos vazios (até 83%) do que quando se alimentaram de grãos em fases posteriores de desenvolvimento da panícula. Esta característica também foi observada para a redução do peso dos grãos. Os experimentos visando encontrar uma alternativa biorracional para o controle dos principais percevejos-pragas, teve como objetivo verificar a ação ovicida e ninficida de óleos essenciais de diferentes partes vegetais de *Piper aduncum*, *P. gaudichaudianum*, *P. malacophyllum*, *P. marginatum* e *P. tuberculatum* (Piperaceae) sobre o percevejo-do-colmo do arroz. Os resultados mostraram que quase todas as espécies de Piperaceae apresentaram atividade fitoinseticida. Esta característica pode estar relacionada com a potencial toxicidade dos principais compostos químicos encontrados em cada espécie e parte vegetal, com destaque para os compostos dilapiol, miristicina, cubebene,  $\alpha$ -guaiene, longifolene, prezizane, spathulenol, sabinene e  $\delta$ -2-carene. No geral, os resultados apresentados nessa tese podem beneficiar produtores e outros pesquisadores, permitindo-lhes concentrar os esforços de monitoramento de diversas pragas de arroz de terras altas, para tomadas de decisões mais bem informadas sobre quando e quais medidas de controle devem ser aplicadas.

**Palavras chave:** Fitoinseticidas, *Tibraca limbativentris*, *Oebalus poecilus*, *Hypatropis inermis*, Piperaceae, pragas do arroz.

## Arthropods associated to upland rice grown in Amazon region, Pará State, Brazil: damage levels and possible management strategies

### General abstract

Rice, in its evolutionary process adapted itself to various environments, however, several mechanisms cause reductions in grain production. Among these factors, insect-pests stand out as being responsible for much of the losses, that extend from germination to harvest. However, information about insects found in rice paddies, are almost exclusively for irrigated rice crops and the data for upland rice are still incipient, particularly in regions of higher cultivation of this crop type (Central West, North and Northeast of Brazil). Thus, the aims of this thesis was to perform a survey of the entomofauna of upland rice, evaluate the levels of damage of the main pests and propose alternative strategies to chemical control, using phytoinsecticides. The survey and the experiments on damage were conducted in Florentino farm, municipality of Novo Progresso, southwest region of Pará state, Brazil. The survey showed that the complex of the main arthropods found is in agreement with what is already known for other rice producing regions in Brazil, mainly in relation to the distribution patterns and population fluctuations observed for lepidopteran and pentatomids. Furthermore, *Hypatropis inermis* (Pentatomidae, Pentatominae) was recorded for the first time feeding on rice stems and a new genus of predatory stinkbug (Pentatomidae, Asopinae) was collected. The experiments on simulation of defoliating pest attack enabled the measurement of the level of defoliation that the crop can support at different growth stages and also allowed to quantify the loss of productivity. These data can be used to reduce the cost of chemical control, since they showed that for upland rice, the defoliation during the vegetative stage, requires control measures. Field experiments to assess the damage caused by major stinkbug pests, showed that damage caused by the stem-feeding stinkbug *Tibraca limbativentris*, affected the time to panicle liberation, the number of dead hearts and white panicles, and decreased the amount of seed produced when the damage was caused in the vegetative stage. Considering the damage observed, it is suggested to maintain the level of infestation already reported in the literature for the decision-making to control *T. limbativentris* and it is proposed that the monitoring of the crop should be done throughout the vegetative stage, since it was at this phenological stage that the greatest damage was observed. The feeding of the-panicle stinkbug, *Oebalus poecilus*, showed that in upland rice the grains of rice are susceptible to quantitative damage (number and grain weight) and qualitative (stained, shriveled, chalky and broken grains) in any phase of panicle development. However, when the insects feed during anthesis/caryopsis and milky phases cause a higher percentage of empty grains (up to 83%) than when fed on grains at later stages of panicle development. This feature was also observed for the reduction of the weight of the grains. Experiments to find a biorrational alternative for the control of major stinkbug-pests, aimed to verify the ovicidal and nymphicidal action of essential oils from *Piper aduncum*, *P. gaudichaudianum*, *P. malacophyllum*, *P. marginatum* e *P. tuberculatum* (Piperaceae) against the stinkbugs-of-stem rice. The results showed that almost all Piperaceae species presented phyto-insecticide active. This characteristic may be related to the potential toxicity of the major chemical compounds found on each species of plant and especially for the compounds dilapiol, myristicin, cubebene,  $\alpha$ -guaiene, longifolene, prezizane, spathulenol, sabinene and  $\delta$ -2-carene. Overall, the information presented in this thesis can benefit producers and other researchers, enabling them to concentrate monitoring efforts of various pests of upland rice, for decision making better informed on when and what control measures should be applied.

**Keywords:** Phyto-insecticides, *Tibraca limbativentris*, *Oebalus poecilus*, *Hypatropis inermis*, Piperaceae, rice pests.

## Sumário

Lista de Figuras.....	VII
Lista de Tabelas.....	XV
Lista de Abreviações.....	XVIII
Lista de Siglas.....	XX
Lista de Símbolos.....	XXI
<b>Resumo Geral.....</b>	<b>XXII</b>
<b>General Abstract.....</b>	<b>XXIII</b>
 <b>Prólogo.....</b>	 <b>1</b>
Justificativa.....	5
Objetivos.....	6
Objetivo Geral.....	6
Objetivos Específicos.....	6
Referências Bibliográficas.....	7
 <b>Capítulo 1</b>	
<b>Artropodofauna presente em arroz de terras altas cultivado em região Amazônica, município de Novo Progresso, sudoeste do Estado do Pará.....</b>	<b>13</b>
Resumo.....	13
Abstract.....	14
Introdução.....	15
Material e Métodos.....	16
Resultados e Discussão.....	19
Considerações Finais.....	48
Referências.....	51
 <b>Capítulo 2</b>	
<b><i>Hypatropis inermis</i> (Hemiptera, Pentatomidae): first report in rice crop.....</b>	<b>69</b>
Abstract.....	69
References.....	72

### Capítulo 3

<b>Simulated attack by lepidopterans pest of upland rice cultivated in Novo Progresso, Para State, Amazon rainforest region, and its effect on grain production.....</b>	<b>77</b>
Introduction.....	79
Materials and Methods .....	80
Results and Discussion .....	82
References.....	93

### Capítulo 4

<b>Damage by the rice stalk stink bug <i>Tibraca limbativentris</i> (Hemiptera: Pentatomidae) to upland rice cultivated in Amazon rainforest region, Pará State, Brazil at field conditions and different phenological stages .....</b>	<b>99</b>
Introduction .....	100
Material and Methods.....	101
Results .....	104
Discussion .....	109
References .....	113

### Capítulo 5

<b>Danos causados por <i>Oebalus poecilus</i> (Hemiptera, Pentatomidae) em diferentes estádios fenológicos de panículas de arroz de terras altas cultivado no município de Novo Progresso, região amazônica, estado do Pará .....</b>	<b>121</b>
Introdução .....	123
Material e Métodos.....	124
Resultados .....	128
Discussão.....	137
Referências Citadas .....	148

### Capítulo 6

<b>Efeito ovicida do óleo essencial de cinco espécies de plantas da família Piperaceae sobre posturas do percevejo-do-colmo <i>Tibraca limbativentris</i> (Hemiptera: Pentatomidae).....</b>	<b>155</b>
Introdução .....	157
Metodologia.....	158
Resultados .....	160
Discussão.....	194
Referências .....	203

## Capítulo 7

**Efeito ninficida de óleos essenciais de *Piper* spp. (Piperaceae) sobre o percevejo do colmo do arroz, *Tibraca limbativentris* (Hemiptera, Pentatomidae) ..... 213**

Introdução ..... 214

Material e Métodos ..... 215

Resultados e Discussão ..... 218

Discussão ..... 260

Conclusão ..... 265

Referências ..... 266

**Epílogo ..... 274**

**Apêndices ..... 276**

## Anexos

Normas das revistas científicas (Instruções aos autores) ..... 298

Revista Brasileira de Entomologia ..... 299

Neotropical Entomology ..... 301

Journal of Pest Science ..... 305

Journal of Economic Entomology ..... 311

Journal of Essential Oil Research ..... 317

Pest Management Science ..... 320

## Prólogo

Considerada uma das mais antigas espécies de plantas cultivadas, o arroz (*Oryza sativa* L.) ocupa aproximadamente 10% do solo agricultável do planeta (Barrigossi *et al.*, 2004). Seu cultivo teve início há mais de 3 mil anos a.C na Ásia Meridional (Heinrichs, 1994) e segundo a FAO (2003), é plantado em mais de 110 países de todos os continentes, com exceção da Antártida. Seu plantio no Brasil, quando comparado com o continente asiático é bastante recente, mesmo assim, é o país que mais produz arroz fora da Ásia, estando nos últimos anos dentre os 10 maiores países produtores deste cereal (Fao, 2003; Azambuja *et al.*, 2004).

*Oryza sativa*, em seu processo evolutivo adaptou-se aos mais variados ambientes (Maclean *et al.*, 2002) e atualmente está entre as culturas mais cultivadas para consumo por ser considerada a base da alimentação da maior parte da população mundial (Vaughan *et al.*, 2005). Como em qualquer cultura de subsistência, a utilização de novas tecnologias visa atingir níveis de produtividade superiores aos atuais (Azambuja *et al.*, 2004); no entanto, diversos mecanismos interferem nesse aumento, acarretando em redução da produção. Sosbai (2005) relata como principais causas de interferência, os fatores meteorológicos, o manejo da água de irrigação, a época de semeadura, a incidência de plantas invasoras, a ocorrência de moléstias e de insetos-pragas.

Entre esses fatores, os insetos-pragas se destacam como sendo responsáveis por grande parte das perdas que vão da germinação à colheita (Rossetto *et al.*, 1972, Ferreira e Martins, 1984, Link *et al.*, 1987, 1989, Martins *et al.*, 1989, Oliveira e Kempf, 1989, Costa e Link, 1992a). Barata (2005) destaca que diversas instituições do Sul do Brasil estão desenvolvendo pesquisas sobre insetos-pragas que atacam a cultura do arroz irrigado. Todavia, dados a respeito de plantios em terras altas ou de sequeiro, são ainda incipientes, principalmente nas regiões de maior cultivo deste tipo de plantio, como as regiões Centro-Oeste e Norte do país.

Ferreira *et al.* (2001) destacam que a fauna Heteroptera associada ao arroz é bastante extensa e diversificada. Ela contém espécies fitófagas, que se alimentam de diferentes partes das plantas e espécies predadoras de outros insetos, além de outras, cujo papel ainda não está esclarecido.

Dentre os fitófagos de maior importância econômica para a cultura do arroz no Brasil, destacam-se dois grupos de percevejos. O primeiro é composto por *Tibraca limbativentris* Stål, 1860 (Hemiptera, Pentatomidae), considerado o inseto-praga de maior expressão econômica nesta cultura, provocando prejuízos em termos de produtividade de até 90%. Esta espécie ataca os colmos das plantas com mais de 20 dias de idade sendo seus danos caracterizados pela morte parcial ou total da parte central dos colmos, em consequência da alimentação do inseto a partir do 2º ínstar (Barrigossi e Martins 2009). A picada do inseto na base das plantas, na fase vegetativa, provoca o aparecimento do sintoma conhecido por “coração-morto”, e na fase reprodutiva, o de “panícula-branca” (Ferreira *et al.*, 1997).

O segundo grupo economicamente importante é composto por pentatomídeos do gênero *Oebalus*, em que os adultos e ninfas a partir do segundo ínstar alimentam-se da parte aérea das plantas durante a fase reprodutiva. São mais prejudiciais quando ocorrem nas panículas (Ferreira *et al.*, 2004), pois atacam suas ramificações e espiguetas em formação ocasionando reduções quantitativas e qualitativas, pois diminuem o rendimento total de arroz beneficiado e aumentam o número de grãos inteiros manchados, apesar de não alterarem o número total de grãos inteiros (Costa 1958; Ferreira e Martins 1985; Oliveira e Kempf 1989; Vecchio e Grazia 1993; Ferreira 1999; Rézio e Silva *et al.*, 2002; Greve *et al.*, 2003). Segundo Barrigossi (2008) nos últimos anos, as espécies deste gênero têm sido abundantes em grandes áreas das regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil. Embora as espécies possam ocorrer simultaneamente no ambiente de várzeas, *Oebalus ypsilongriseus* (De Geer, 1773) ocorre preferencialmente no ambiente de terras altas e *Oebalus poecilus* (Dallas, 1851) predomina em ambiente irrigado (Ferreira *et al.*, 2001).

Além destes insetos fitófagos sugadores, destacam-se alguns insetos desfolhadores, como *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), mais conhecida como lagarta-do-cartucho do milho, mas chamada na cultura do arroz de lagarta-da-folha. A época de infestação das plantas de arroz e os danos que causa à cultura podem ser diferenciados dependendo do sistema de cultivo (Martins e Afonso 2007). Em arroz irrigado, as lagartas reduzem a superfície foliar, tanto de plantas jovens como mais desenvolvidas, no entanto, o período crítico de ataque ocorre entre a emergência das plântulas e a inundação da lavoura, quando as lagartas cortam as plantas rente ao solo, podendo destruir lavouras extensas de arroz

(Ferreira, 2006). Segundo Barrigossi e Martins (2009), os três últimos ínstaes são responsáveis por mais de 90% do total da área foliar consumida.

Outras espécies de lepidópteros também são encontradas nesta cultura, com destaque para *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848) (Lepidoptera, Pyralidae) e *Diatraea saccharalis* Fabricius, 1794 (Lepidoptera, Crambidae), espécies que causam o dano ao penetrarem nos colmos e consumirem o tecido esponjoso, destruindo assim os pontos de crescimento, o que provoca a morte da parte central da planta, sintoma conhecido como “coração morto” (Ferreira, 2006; Barrigossi e Martins, 2009). As espécies *Pseudaletia* (=Mythimna, *Leucania*) *adultera* (Schaus, 1894) e *Pseudaletia* (=Mythimna) *sequax* (Flanclemont, 1951), conhecida como lagartas-das-panículas, depositam seus ovos presos às folhas ou aos colmos por uma substância pegajosa que também serve para protegê-los dos inimigos naturais. Estas lagartas alimentam-se de folhas e das panículas, sendo esse tipo de ataque geralmente o mais significativo porque além das partes consumidas, elas derrubam grande parte das espiguetas (Ferreira, 2006). As espécies *Agrotis ipsilon* (Hüfnagel, 1767) e *Mocis latipes* (Gueen, 1852) também são encontradas em culturas de arroz.

Entretanto, a maioria das informações referente à entomofauna associada aos arrozais é relacionada aos sistemas de plantio irrigado, e por isso, levantamentos de insetos-pragas que ocorrem em outras áreas orizícolas ainda se fazem necessários para a identificação de espécies que ocorrem, por exemplo, em culturas de arroz de terras altas, e também para a adoção de estratégias de manejo, uma vez que esses levantamentos podem gerar informações importantes para se conhecer e determinar o comportamento das populações de insetos nos diferentes tipos de cultivos de arroz, e em diferentes fases da cultura.

Dada a importância econômica de lagartas e de percevejos, vários autores relatam a necessidade de seu controle pelo uso de inseticidas (Martins et al., 1988, Costa e Link, 1992a, 1992b, 1992c). Todavia, o impacto ambiental causado pela aplicação de agrotóxicos na composição faunística da lavoura de arroz ainda é pouco conhecido (Costa e Link, 1989b). Segundo Bettiol e Morandi (2009) o uso intensivo de agrotóxicos para o controle de doenças, pragas e plantas invasoras na agricultura têm promovido diversos problemas de ordem ambiental, como a contaminação de alimentos, do solo, da água e dos animais, o surgimento de doenças iatrogênicas (as que ocorrem devido ao uso de agrotóxicos), o desequilíbrio biológico, alterando a



ciclagem de nutrientes e de matéria orgânica, a eliminação de organismos benéficos, ou seja, a redução da biodiversidade como um todo.

Bull e Hathaway (1986) relatam que há uma grande quantidade de agrotóxicos que entra anualmente no terceiro mundo, sendo que na medida em que são aplicados em excesso, ou de maneira errônea, acentuam demasiadamente os problemas ambientais. Diante desse fato, diversas formas de controle vêm sendo pesquisadas para minimizar o problema, uma vez que o uso contínuo de produtos fitossanitários ocasiona a resistência das pragas, além do aumento da população de pragas secundárias (Copatti *et al.*, 2009).

Estratégias integradas para o manejo de insetos-pragas poderiam ser definidas utilizando-se o controle biológico (Souza *et al.*, 2008). A ocorrência de fungos entomopatogênicos (Martins *et al.*, 2004) e parasitóides de ovos (Ferreira *et al.*, 1997) sobre *T. limbativentris* tem sido relatada em lavouras e sítios de hibernação, caracterizando-os como potenciais agentes de controle. Além disso, a utilização de plantas consideradas fitoinseticidas também mostram-se como potencial alternativa ao controle convencional, uma vez que, já foram identificadas mais de 2.000 espécies botânicas de interesse fitossanitário (Salazar, 1997), além de mais de 800 espécies de pragas controladas por produtos de origem vegetal (Grainger e Ahmed, 1988).

O uso do controle biorracional de insetos-pragas, através de inimigos naturais, como bem como a utilização de fitoinseticidas se revelam capazes de regular as pragas em seu ambiente natural, reduzindo a densidade das populações e conseqüentemente os danos às plantas hospedeiras (Fritz *et al.*, 2008). No entanto, a quantificação destes efeitos nas novas fronteiras agrícolas, como no estado do Pará ainda é pouco conhecida.

## Justificativa

Conhecer e avaliar a artropodofauna associada à cultura de arroz de terras altas em novas fronteiras agrícolas, como na região de Novo Progresso, Estado do Pará, se faz necessário para verificar quais as espécies, tanto de insetos-pragas quanto de insetos benéficos, são encontradas. Além disso, verificar como os agroquímicos podem interferir sobre a comunidade de artrópodes nesta cultura pode ainda auxiliar na escolha de estratégias de controles fitossanitários menos impactantes para o ambiente, sobretudo para a adoção do manejo integrado de pragas do arroz. Assim, a proposta dessa tese será de conhecer e estudar os artrópodes associados ao cultivo de arroz de terras altas, verificar os danos causados pelas principais pragas e propor alternativas bioracionais para o controle dos organismos considerados prejudiciais à cultura.

Para isso, os resultados desta tese serão divididos em sete capítulos. No primeiro, relatar-se-á informações sobre os artrópodes presentes em cultivo de arroz de terras altas e a flutuação populacional das principais pragas em áreas com e sem aplicação de produtos fitossanitários. No segundo capítulo será relatado informações sobre a ocorrência da espécie de percevejo *Hypatropis inermis* (Pentatomidae). O terceiro capítulo será utilizado para demonstrar o efeito do ataque simulado de pragas desfolhadoras sobre vários estágios fenológicos da cultura de arroz. Os capítulos quatro e cinco serão destinados para as avaliações dos efeitos decorrentes da alimentação dos percevejos fitófagos, *O. poecilus* (capítulo quatro) e *T. limbativentris* (capítulo cinco) sobre as plantas de arroz em diferentes estágios fenológicos. Por fim, o efeito fitoinseticida de óleos essenciais de plantas da família Piperaceae sobre o percevejo do colmo, *T. limbativentris* serão temas dos capítulos seis e sete, visando demonstrar o potencial ovicida (capítulo seis) e ninficida (capítulo sete) das piperáceas, como opção biorracional para o controle de insetos pragas em cultivos de arroz de terras altas.

## Objetivos

### Objetivo Geral

- Conhecer a artropodofauna que ocorre em áreas de cultura de arroz de terras altas, na fazenda Florentino, município de Novo Progresso, região sudoeste do estado do Pará, e propor estratégias para o manejo integrado de pragas utilizando plantas consideradas fitoinseticidas.

### Objetivos Específicos

- Verificar a flutuação populacional da entomofauna ao longo do desenvolvimento fenológico da cultura do arroz (com e sem aplicação de produtos químicos);
- Estudar o complexo de espécies de pentatomídeos (*Tibraca* spp. e *Oebalus* spp.) na cultura do arroz, analisando os níveis de danos e os agentes naturais de controle;
- Avaliar as espécies de lepidópteros ocorrentes em cultura de arroz de terras altas (com e sem aplicação de produtos químicos) e identificar o complexo de parasitóides associados;
- Testar o efeito dos óleos essenciais de plantas da família Piperaceae sobre ovos e ninfas do percevejo *T. limbativentris*;
- Propor estratégias de manejo para as principais pragas encontradas na região estudada.

## Referências Bibliográficas

- Azambuja, I.H.V., Verneti JR. F.J., Magalhães JR., A.M. 2004. Aspectos socioeconômicos da produção de arroz. In: Gomes, A. S.; Magalhães-Júnior, A.M. DE (Ed), Arroz irrigado no sul do Brasil. Embrapa, Brasília, DF. p. 23- 44.
- Barata, T. S. Caracterização do consumo de arroz no Brasil: um estudo na Região Metropolitana de Porto Alegre. 93f. Dissertação (Mestrado) Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2005.
- Barrigossi, J.A.F. & Martins, J.F.S. 2009. Pragas Principais e Recomendações para o seu Manejo. In. Recomendações técnicas para a cultura do arroz irrigado no Mato Grosso do Sul (ed. Téc. BARRIGOSSI, J.A.F) Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 148 p.
- Barrigossi, J.A.F.; Lanna, A.N.; Ferreira, E. 2004. Agrotóxico no cultivo de arroz no Brasil: análise do consumo e medidas para reduzir o impacto ambiental negativo. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão: Circular Técnica, 67.
- Bettiol W., Morandi M.A.B. 2009. Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 341 p. ISBN 978-85-85771-47-8.
- Bull, D. & Hathaway, D. 1986. Pragas e venenos: agrotóxicos no Brasil e no terceiro mundo. Vozes, Petrópolis, 236 p.
- Copatti, C.E.; Garcia, L.O. & Baldisserotto, B. 2009. Revisão Temática. Revisão sobre o impacto de agroquímicos da cultura de arroz em peixes. Biota Neotropica. 9(4):235-242.

- Costa, E.C., Link, D. 1992a. Avaliação dos danos de *Tibraca limbativentris* Stal, 1860 (Hemiptera, Pentatomidae) em arroz irrigado. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, Porto Alegre, v.21, n.1, p.187- 195.
- Costa, E.C., Link, D. 1992b Avaliação de inseticidas no controle de percevejos na Cultura do Arroz, Porto Alegre, v.45, n.400, p.21- 23.
- Costa, E.C., Link, D. 1992c. Controle da lagarta da folha (*Spodoptera frugiperda*) na cultura do Arroz, Porto Alegre, v.45, n.405, p.17- 19.
- Costa, R.G. 1958. Alguns insetos e outros pequenos animais que danificam plantas cultivadas no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura, Indústria e Comércio. 296 p.
- Fao. Food and Agriculture Organization. Agricultural production, primary crops. 2003. Disponível em <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 13/05/2010.
- Ferreira, E. & J.F.S. Martins. 1985. Insetos prejudiciais às panículas do arroz de sequeiro Embrapa Arroz e Feijão, Goiânia. 5 p. (Comunicado Técnico, 18).
- Ferreira, E. 2006. Fauna prejudicial. In: Santos, A. B. dos; Stone, L. F.; Vieira, N. R. de A. (Ed.). A cultura do arroz no Brasil. 2. ed. rev. ampl. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. p. 485- 560.
- Ferreira, E., Barrigossi, J.A.F & Viera, N.R.A. 2001. Percevejos das panículas do arroz: fauna heteroptera associada ao arroz. Embrapa; CNPAF, Goiânia, 52 p. (Circular técnica, n. 43).
- Ferreira, E.; Martins J.F. S. 1984. Insetos prejudiciais ao arroz e seu controle. Goiânia; Embrapa/CNPAF. 67p.

- Ferreira, E.; Vieira, N.R.A.; Barrigossi, J.A.F. 2004. Reconhecimento e controle dos principais percevejos *Oebalus* spp. que atacam as panículas de arroz. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnica 76) 6p.
- Ferreira, E.; Zimmermann, F.J.P.; Santos, A.B.; Neves, B.P. 1997. O percevejo-do-colmo na cultura do arroz. Goiânia: Embrapa-CNPAF. 43 p. (Embrapa-CNPAF. Documentos, 75).
- Fritz, L.L.; Heinrichs, E.A.; Pandolfo, M.; Salles, S.M.; Oliveira, J.V. & Fiuza, L.M. 2008. Agroecossistemas orizícolas irrigados: insetos-praga, inimigos naturais e manejo integrado. Oecol. Bras. 12(4):720-732.
- Grainger, M., & Ahmed, S. (1988). *Handbook of Plants with Pest Control Properties*. John Wiley and Sons, New York. 470 pp.
- Greve, C.; Fortes, N.D.F. & Grazia, J. 2003. Estágios imaturos de *Oebalus poecilus* (Heteroptera, Pentatomidae). Iheringia, 93:89-96.
- Heinrichs, E. A. 1994. Host plant resistance. In: Heinrichs, E. A. (Ed.) *Biology and management of rice insects*. New Delhi: IRRI. p.517-548.
- Link, D., Costa, E.C., Tarragó, M.F.S. 1989. Ocorrência de percevejos pentatomídeos em lavouras de arroz na região central do Rio Grande do Sul. In: Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 18, Porto Alegre - RS, 1989. Anais . Porto Alegre: IRGA. p.346-353.
- Link, D., E.C. Costa & E. Marchezan. 1987. Avaliação preliminar de diferentes densidades de *Oebalus poecilus* (Dalla 1851) sobre o rendimento do arroz, p. 229-32. In Reunião do Arroz Irrigado, 16. Balneário Camburiú, Santa Catarina. 389 p.
- Macleon J.L., Dawe D.C., Hardy B., Hettel G.P. editors. 2002. *Rice almanac*. Manila (Philippines): International Rice Research Institute. p. 18-19.

- Martins, J.F.S., Botton, M., Carbonari, J.J., Quintela, E.D. 2004. Eficiência de *Metarhizium anisopliae* no controle do Percevejo-do-Colmo *Tibraca limbativentris* (Heteroptera: Pentatomidae) em lavoura de arroz irrigado. *Ciência Rural*, 34(6), 1681-1688.
- Martins, J.F. da S., Ribeiro, A.S, Terres, A.L.S. 1989. Danos causado pelo percevejo do grão ao arroz irrigado. In: Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 18, Porto Alegre - RS, 1989. Anais . Porto Alegre: IRGA. p.396-404.
- Martins, J.F.S., Oliveira, J.V., Valente, L.A. 1988. Informações preliminares sobre a situação de insetos na cultura do arroz irrigado, no Rio Grande do Sul. In: Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 17, Pelotas - RS, 1988. Anais . Pelotas: Embrapa/CPATB. p. 215- 223.
- Martins, J.P.S. & Afonso, A.P.S. 2007. Importância Econômica de *Spodoptera Frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) como Praga do Arroz no Brasil. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 31p. -- (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 213).
- Oliveira, J.V. & Kempf, D. 1989. Avaliação de dano ao arroz irrigado pelo percevejo do grão, *Oebalus poecilus* (Dallas, 1851). In: Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 18, Porto Alegre - RS. Anais . Porto Alegre: IRGA. p.405-409.
- Rezio, D.S.; Ferreira, E.; Vieira, N.R.A. 2002. Avaliação de perdas causadas por *Oebalus* spp. (Hemiptera: Pentatomidae) em arroz de terras altas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 32 (1): 39-45.
- Rossetto, C.J.; Silveira-Neto, S.; Link, D. et al. 1972. Pragas de arroz no Brasil. In: Reunião do Comitê de Arroz para as Américas, 2, Pelotas - RS, 1971. Contribuição da delegação Brasileira à . . Dep. Pesq. Agropecuária. p.149-238.

Salazar, E. C. (1997). *Inseticidas e Acaricidas*. Pelotas: Ed. da UFPelotas. 646p.

Sosbai. 2005. Arroz Irrigado: Recomendações da pesquisa para o Sul do Brasil. Santa Maria: Sosbai, p 89-92.

Souza, JR.; Ferreira, E.; Boiça-Junior, A.L.; Cargneluti-Filho, A.; Chagas, E.F.; Mondego, J.M. 2008. Avaliação de resistência em cultivares de arroz ao ataque do percevejo-do-colmo, *Tibraca Limbativentris* Stal, 1860 (Hemiptera: Pentatomidae). *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, v.75, n.4, p.443-448.

Vaughan D.A., Kadowaki K., Kaga A, Tomooka N. 2005. On the phylogeny and biogeography of the genus *Oryza*. *Breeding Science*. 55:113-122.

Vecchio, M.C. & J. Grazia. 1993. Estudos imaturos de *Oebalus ypsilongriseus* (De Geer, 1773). III. Duração e mortalidade dos estágios de ovo e ninfa (Heteroptera: Pentatomidae). *An. Soc. Ent. Brasil*, 1(22): 123-29.



## Capítulo 1

# **Artropodofauna presente em arroz de terras altas cultivado em região Amazônica, município de Novo Progresso, sudoeste do Estado do Pará**

*Palavra puxa palavra, uma ideia traz outra,  
e assim se faz um livro, um governo, ou uma revolução,  
alguns dizem mesmo que assim é que a natureza compôs as suas espécies.*

*(Machado de Assis)*

## Artropodofauna presente em arroz de terras altas cultivado em região Amazônica, município de Novo Progresso, sudoeste do Estado do Pará

### Resumo

O levantamento de artrópodes em áreas orizícolas são essenciais para a identificação de espécies e para a adoção de estratégias de manejo. Desta forma, o objetivo desse estudo foi obter informações básicas sobre o complexo de artrópodes presentes em uma plantação de arroz de terras altas, situada na Fazenda Florentino, município de Novo Progresso, Estado do Pará. Para isto, um inventário foi realizado na safra de 2010/11, em duas áreas, sendo uma com utilização de agroquímicos e outra isenta da aplicação. As amostragens foram realizadas semanalmente através de quatro metodologias: rede de varredura, armadilhas de solo, pano de batida, e por procura aleatória de ovos de percevejos para verificação do parasitismo por inimigos naturais. Ao longo do trabalho, foram coletados artrópodes de quatro classes (Arachnida, Chilopoda, Diplopoda e Insecta) distribuídas em 13 ordens e 35 famílias. A maioria dos organismos coletados pertencem à Classe Insecta e as famílias mais representativas foram, Formicidae (38 espécies), Reduviidae (24 espécies), com destaque para a subfamília Harpactorinae (17 espécies) e gênero *Zelus* (8 espécies) e Pentatomidae (22 espécies), com destaque para a subfamília Pentatominae (18 espécies). Sete espécies de Lepidoptera foram identificadas, sendo *Mocis latipes* a mais abundante. As espécies de percevejos-pragas mais coletadas foram *Oebalus poecilus*, *O. ypslongriseus*, *Mormidea maculata* e *Tibraca limbativentris*. Entre os percevejos da panícula, *O. poecilus* e *M. maculata* foram mais abundantes que *O. ypslongriseus*. A flutuação de *T. limbativentris* foi similar com as informações já relatadas na literatura. Registrou-se pela primeira vez a espécie *Hypatropis inermis* se alimentando de colmos de arroz e um gênero novo de Asopinae (Pentatomidae) foi coletado. Foram encontrados inimigos naturais de sete ordens, sendo seis de predadores (Araneae, Scorpiones, Scolopendromorpha, Coleoptera, Hemiptera/Heteroptera e Hymenoptera) e duas de parasitoides (Diptera e Hymenoptera). Entre os predadores merecem destaque os aracnídeos (aranhas e escorpiões), vespas do gênero *Polybia*, besouros (Carabidae e Staphylinidae), formigas e percevejos (Reduviidae). Entre os parasitoides de ovos, *Telenomus* sp. e *Te. podisi* foram encontrados em posturas de *O. poecilus* e *Trissolcus* sp., *Tr. basalis*, *Telenomus* sp. e *Te. podisi* em posturas de *T. limbativentris*. Os Braconidae do gênero *Glyptapanteles* sp. foram encontrados apenas em lagartas de *Marasmia trapeziata* e moscas de Tachinidae apenas em lagartas de *M. latipes*. Os principais artrópodes encontrados condiz com o que já se conhece para outras regiões produtoras de arroz no Brasil, principalmente pelos padrões e flutuações populacionais observados para os lepidópteros e pentatomídeos pragas. Todavia, nosso estudo evidencia que ainda há muito para se conhecer e estudar nas regiões produtoras de arroz brasileiras, sobretudo nas áreas consideradas novas fronteiras agrícolas, que estão surgindo principalmente na região norte do Brasil.

**Palavras-chaves:** *Hypatropis inermis*; Asopinae, Platygastriidae, *Marasmia trapeziata*, *Tibraca limbativentris*, *Oebalus poecilus*, *Mocis latipes*.

## Arthropod fauna of upland rice grown in Amazon region, municipality of Novo Progresso, southwestern of Pará State, Brazil

### Abstract

The inventory of arthropods in rice areas are essential for species identification and to adoption of management strategies. Thus, the aim of this study was to obtain basics informations about the complex of arthropods present in a upland rice crop, located in Florentino Farm, municipality of Novo Progresso, Pará State, Brazil. For this, an inventory was conducted in the 2010/11 harvest, in two areas, one with the use of agrochemicals and other exempt of the application. The samplings were conducted weekly through four methods: sweep net, pitfall trap, beat cloth, and by random search of stink bug eggs for verification of parasitism by natural enemies. Throughout the study, four classes of arthropods (Arachnida, Chilopoda, Diplopoda and Insecta) distributed in 13 orders and 35 families were collected. The majority of organisms listed belong to the class Insecta and the most representative families were Formicidae (38 species), Reduviidae (24 species), especially the subfamily Harpactorinae (17 species) with eight species from genus *Zelus*, and Pentatomidae (22 species), highlighting the subfamily Pentatominae (18 species). Seven species of Lepidoptera were identified, *Mocis latipes* being the most abundant. Stink bugs pests most abundant were *Oebalus poecilus*, *O. ypsilongriseus*, *Mormidea maculata* and *Tibraca limbativentris*. The species *O. poecilus* and *M. maculata* were more abundant than *O. ypsilongriseus*. The fluctuation of *T. limbativentris* was similar to the informations previously reported in the literature. It was reported for the first time the species *Hypatropis inermis* feeding on rice stems and a new genus of Asopinae (Pentatomidae) was collected. Natural enemies of seven orders, six of predators (Araneae, Scorpiones, Scolopendromorpha, Coleoptera, Hemiptera / Heteroptera and Hymenoptera) and two of parasitoids (Hymenoptera and Diptera) were found. Among the predators are worth mentioning arachnids (spiders and scorpions), wasps of the genus *Polybia*, beetles (Carabidae and Staphylinidae), ants and stink bugs (Reduviidae). Among the egg parasitoids, *Telenomus* sp. and *Te. podisi* were found in postures of *O. poecilus* and *Trissolcus* sp., *Tr. basalis*, *Telenomus* sp. and *Te. podisi* in *T. limbativentris* eggs. The braconid of *Glyptapanteles* genus were only found in caterpillars *Marasmia trapeziata* and Tachinidae flies only in caterpillars *M. latipes*. The main arthropods found consistent with what is already known for other rice producing regions in Brazil, primarily by patterns and population fluctuations observed for lepidopteran pentatomids pests. However, our study shows that there is still much to know and study in the Brazilian rice producing regions, particularly in areas considered new agricultural frontiers, that are popping up mainly in northern Brazil.

**Keywords:** *Hypatropis inermis*; Asopinae, Platygasteridae, *Marasmia trapeziata*, *Tibraca limbativentris*, *Oebalus poecilus*, *Mocis latipes*.

## Introdução

O arroz, *Oryza sativa* L., é cultivado nos cinco continentes, em mais de 116 países, sendo a Ásia a principal produtora e consumidora deste cereal, concentrando mais de 90% da produção mundial (Azambuja *et al.*, 2004; IRRI, 2006). No Brasil é um dos produtos agrícolas de maior importância, sendo cultivado em todas regiões do Brasil, com destaque para as regiões Sul, Centro-Oeste e Nordeste (Irga, 2009; Ferreira e Dell-Vilar, 2004).

Como em qualquer cultura agrícola, a utilização de novas tecnologias visa atingir níveis de produtividade superiores aos atuais (Azambuja *et al.*, 2004); no entanto, diversos mecanismos interferem nesse aumento, acarretando em redução da produção. Sosbai (2005) relata como principais fatores de interferência nesse aumento da produção de arroz, os fatores meteorológicos, manejo da água de irrigação, época de semeadura, incidência de plantas invasoras, ocorrência de moléstias e de insetos-pragas, entre outros.

Os insetos-pragas se destacam como sendo responsáveis por grande parte das perdas que vão desde a germinação até a colheita podendo reduzir de 15 a 30% a produtividade (Martins *et al.*, 2009). Além disso, Barata (2005) destaca que diversas instituições do Sul do Brasil estão desenvolvendo pesquisas sobre insetos que ocorrem na cultura do arroz. Todavia, estas são informações apenas para culturas de arroz irrigado, sendo os dados de plantio em terras altas ou de sequeiro, ainda incipientes, principalmente nas regiões de maior cultivo deste tipo de plantio, como é o caso das regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste do país (Ferreira e Martins, 1985; Rézio *et al.*, 2002; Barrigossi *et al.*, 2004; Sakazaki *et al.*, 2008).

Dada a importância econômica de determinados grupos de insetos, como o das lagartas e o dos percevejos, alguns autores relatam a necessidade de controle destes organismos pelo uso de inseticidas (Martins *et al.*, 1988; Costa e Link 1992a; 1992b; 1992c). Contudo, segundo Petroski e Stanley (2009), o impacto ambiental causado pela aplicação de agrotóxicos na composição faunística da lavoura de arroz ainda é pouco conhecido, principalmente em relação a fauna benéfica associada as plantações de arroz de terras altas.

Para minimizar a aplicação de produtos químicos e dar prioridade às diferentes alternativas de controle é necessário o conhecimento prévio dos aspectos populacionais dos insetos que ocorrem na cultura de arroz cultivado em novas

fronteiras agrícolas, e depois desta informação, decidir por uma estratégia de controle com maior possibilidade de êxito (Brechelt, 2004; Gullan e Cranston, 2007). Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi identificar a fauna de artrópodes associada à cultura do arroz de terras altas e acompanhar os picos populacionais em área com e sem aplicação de produtos fitossanitários, além de determinar o papel ecológico dos táxons coletados.

## Material e Métodos

O levantamento dos artrópodes associados ao arroz foi realizado na Fazenda Florentino, localizada no município de Novo Progresso/PA (7°07'45.71"S 55°23'21.13"W), na safra de 2010/11, em duas áreas de 1 hectare cada, sendo uma com utilização de produtos fitossanitários, nas doses recomendadas para cada produto/fabricante (Dinitroanilina: Herbadox®, Permetrina: Pounce®, Teflubenzurom/Alfa-Cipermetrina: Imunit®, Carbendazim: Odin®, Cyproconazol+Azoxystrobina: Priori® e Organofosforado: Parathion®) e outra isenta de aplicações de agroquímicos. Ambas as áreas continham duas das bordas cercadas por Floresta Amazônica (Figura 1.1). O plantio do arroz, variedade Cambara, foi efetuado dia 03 de dezembro de 2010 e a colheita em 20 de março de 2011.

As amostragens foram realizadas semanalmente utilizando quatro metodologias: rede de varredura (0,40m x 1,0m), armadilhas de solo tipo *pitfall* (750 ml); pano de batida (0,20mX1,0m), e por procura aleatória de ovos de percevejos (1 h/semana/pessoa) para verificação do parasitismo. Para as metodologias de rede de varredura, armadilha de solo e pano de batida, foram amostrados semanalmente 16 pontos em cada uma das áreas. Estes pontos foram distribuídos em uma área de um hectare, ao longo de quatro transectos em linha reta, equidistantes 25 metros entre eles. Cada transecto continha quatro pontos de amostragem, distantes 20 metros um do outro, em uma área de 1 hectare. Para as coletas com rede de varredura, entre um ponto e outro foram realizadas 10 batidas de rede em linha reta. As armadilhas de solo ficaram instaladas durante sete dias. Estas continham 300 ml de uma solução com água e álcool 96° (2:1), além de detergente, para quebrar a tensão superficial da solução, e sal para auxiliar na preservação dos artrópodes capturados (Figura 1.2).

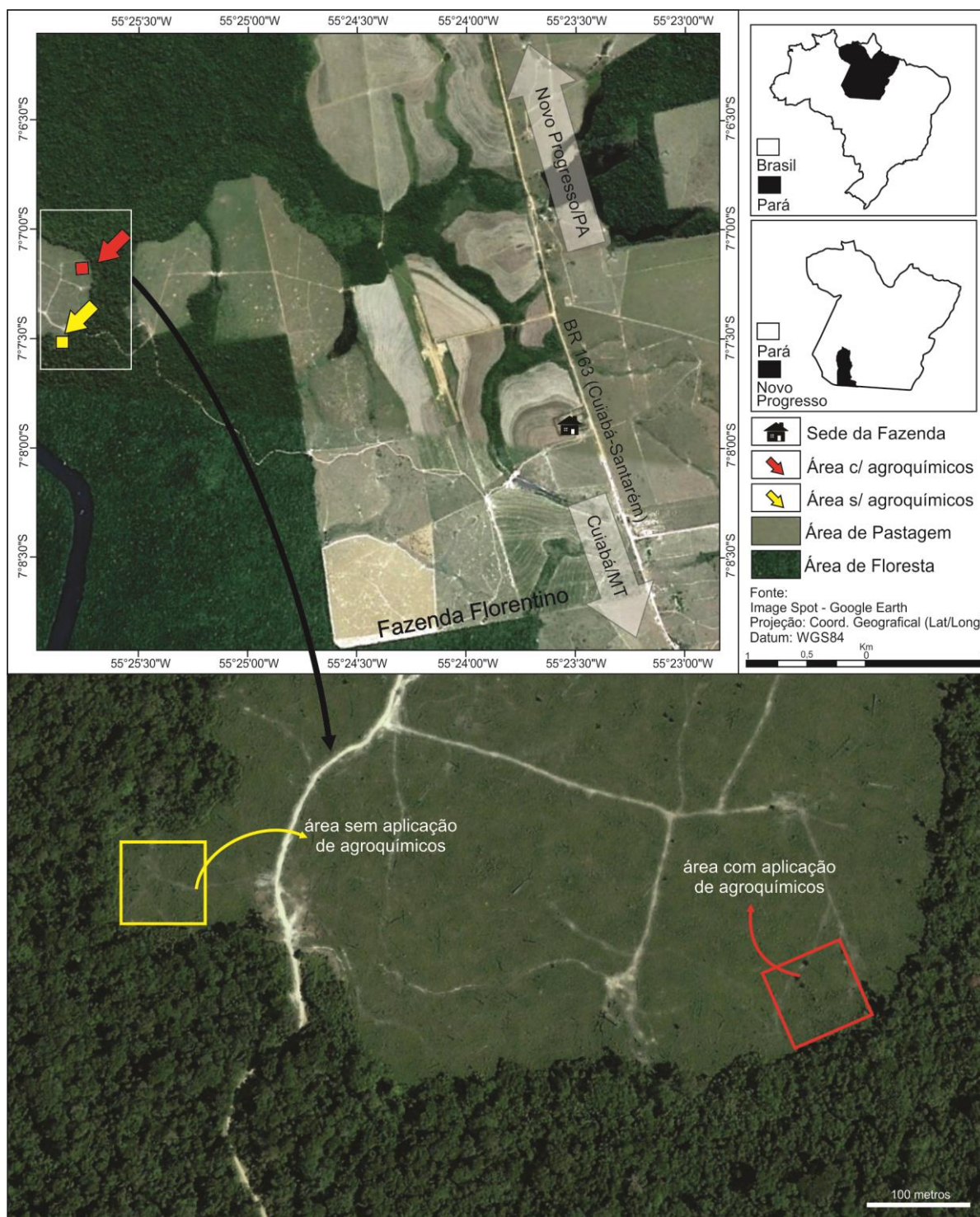


Figura 1.1. Mapa da Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA ( $7^{\circ}07'45.71''\text{S}$   $55^{\circ}23'21.13''\text{W}$ ). Locais das amostragens de artrópodes em plantação de arroz. Delimitação de cor amarela: área sem aplicação de produtos fitossanitários. Delimitação vermelha: área com aplicação de produtos fitossanitários. Fonte: GoogleEarth com modificações (Diones Krinski).



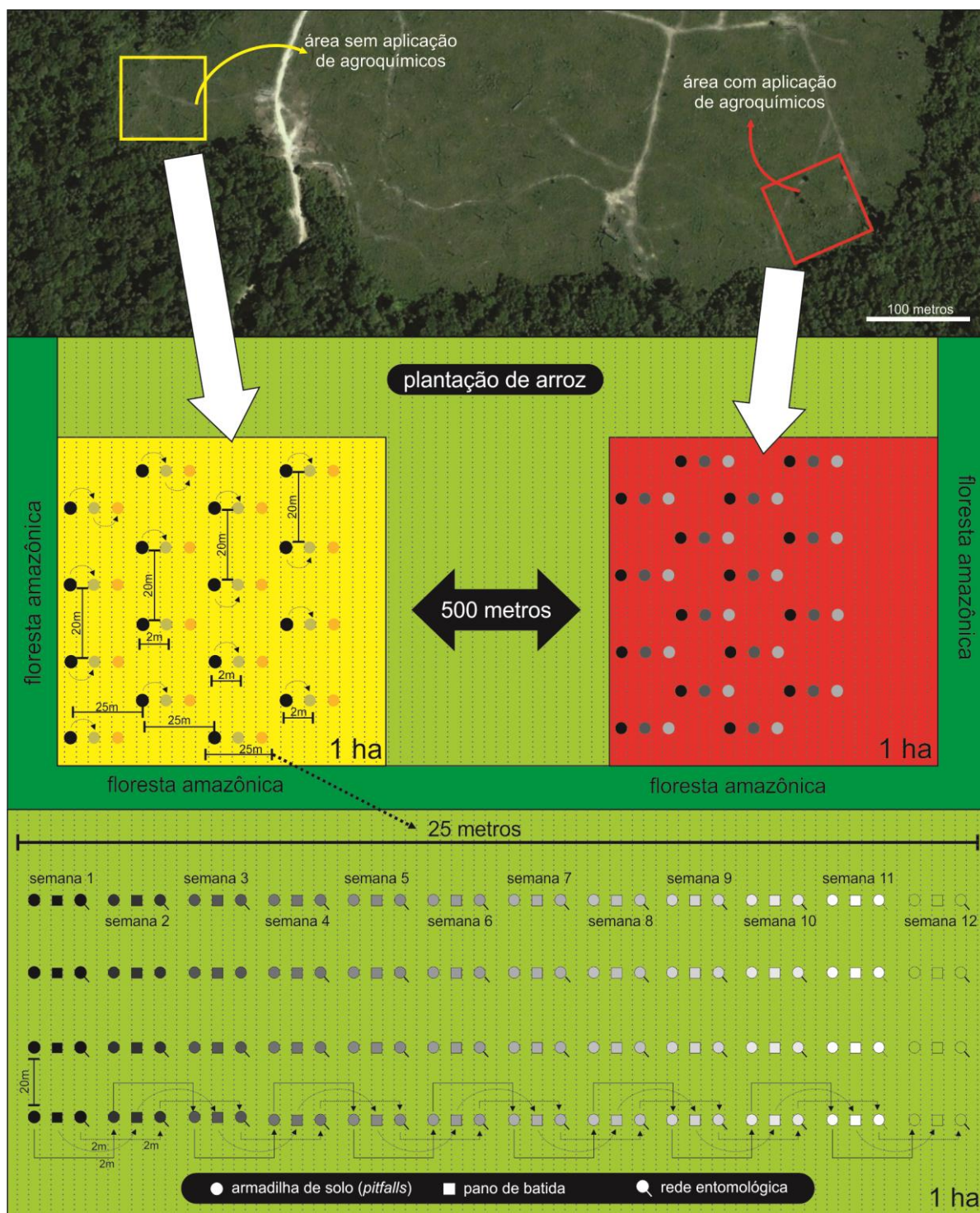


Figura 1.2. Mapa das áreas de coletas de artrópodes. Croqui das metodologias de coletas, com armadilha de solo, pano de batida e rede entomológica. Delimitação de cor amarela: área sem aplicação de produtos fitossanitários. Delimitação vermelha: área com aplicação de produtos fitossanitários.

Todos os artrópodes coletados através de rede de varredura, armadilha de solo e pano de batida foram fixados em álcool 70% e acondicionados em recipientes para posterior triagem, montagem e identificação, com exceção das larvas de Lepidoptera coletadas através de rede de varredura e pano de batida, que foram

individualizados em potes plásticos e alimentadas com folhas de arroz (sem aplicação de inseticidas) até chegarem ao estágio de pupa e os adultos emergidos foram montados e identificados.

As posturas de ovos de percevejos encontradas durante a procura aleatória foram acondicionadas em placas de Petri (10 cm) forradas com papel toalha umedecido e mantidos em temperatura ambiente até a emergência dos parasitoides ou ninfas. Os parasitoides emergidos foram contados, sexados, armazenados em microtubos plásticos contendo álcool a 70%. Exemplares de todos os grupos coletados foram encaminhados para a identificação por especialistas de cada táxon.

## **Resultados e Discussão**

Ao longo dos levantamentos, foram coletados artrópodes de quatro classes: Arachnida, Chilopoda, Diplopoda e Insecta distribuídas em 13 ordens e 35 famílias. A maioria dos organismos coletados pertencem à Classe Insecta, (Tabela 1.1). As famílias de insetos mais representativas foram, Formicidae (com 41 espécies), Reduvidae (24 espécies), com destaque para a subfamília Harpactorinae (17 espécies) e gênero *Zelus* (8 espécies) e Pentatomidae (com 22 espécies), com destaque para a subfamília Pentatominae (com 18 espécies) (Tabela 1.1).

Para melhor entendimento dos dados, os resultados serão apresentados de acordo com os grupos de artrópodes que foram mais abundantes, pois desta forma, poder-se-á compreender como estes organismos estão ecologicamente associados ao desenvolvimento fenológico do arroz. Imagens de alguns organismos presentes na plantação de arroz de terras altas encontram-se como apêndices desta tese.



Tabela 1.1. Diversidade de artrópodes coletados em cultivo de arroz de terras altas, fazenda Florentino, Novo Progresso/PA. 2010-2011.

Táxon	status
<b>CLASSE ARACHNIDA</b>	
<b>ORDEM ARANEAE</b>	predador
<b>ORDEM SCORPIONES</b>	predador
<b>CLASSE CHILOPODA</b>	
<b>ORDEM SCOLOPENDROMORPHA</b>	
<b>Família Scolopendridae</b>	
<i>Scolopendra</i> sp.	predador
<b>CLASSE DIPLOPODA</b>	
<b>ORDEM POLYDESMIDA</b>	
<b>CLASSE INSECTA</b>	
<b>ORDEM BLATTODEA</b>	
<b>ORDEM COLEOPTERA</b> (em identificação)	
<b>Família Brentidae</b>	
<i>Apion</i> sp.	praga
<b>Família Carabidae</b>	
<i>Calosoma</i> sp.	predador
<b>Família Chrysomelidae</b>	
<i>Acalymma</i> sp.	fitófago
<i>Cerotoma</i> sp.	fitófago
<i>Colapsis</i> sp.	fitófago
<i>Diabrotica</i> sp.	fitófago
<i>Disonycha</i> sp.	fitófago
<i>Omophota</i> sp.	fitófago
<b>Família Cicindelidae</b>	
<b>Família Coccinellidae</b>	
<i>Cycloneda sanguinea</i> (Linnaeus, 1763)	predador
<b>Família Curculionidae</b>	
<i>Mesourdyllus apicilava</i> Vauria, 1970	fitófago
<i>Rhinostomus barbirostris</i> (Fabricius, 1775)	fitófago
<b>Família Hydrophilidae</b>	fitófago
<b>Família Lampyridae</b>	fitófago
<b>Família Lycidae</b>	fitófago
<b>Família Scarabaeidae</b>	predador
<b>Família Staphylinidae</b>	predador
<b>ORDEM DERMAPTERA</b>	
<b>Família Forficulidae</b>	
<b>ORDEM DIPTERA</b>	
<b>Família Tachinidae</b>	
<i>Archytas</i> spp.	parasitoide
<i>Eumasicera</i> spp.	parasitoide
Tachinidae sp1.	parasitoide
Tachinidae sp2.	parasitoide
Tachinidae sp3.	parasitoide
Tachinidae sp4.	parasitoide
Tachinidae sp5.	parasitoide
Tachinidae sp6.	parasitoide
<b>ORDEM HEMIPTERA/HETEROPTERA</b>	
<b>Família Belostomatidae</b>	
<i>Lethocerus</i> sp.	predador
<b>Família Colobathristidae</b>	
<i>Trichocentrus</i> sp.	-
<b>Família Gerridae</b>	
<i>Limnogonus aduncus</i> Drake & Harris, 1932	-
continua...	

...continuação

**Família Pentatomidae**

Subfamília Asopinae	
Gen. nov., sp. nov.	predador
Subfamília Discocephalinae	
<i>Macropygium reticulare</i> (Fabricius, 1803)	fitófago
Subfamília Edessinae	
<i>Edessa meditabunda</i> (Fabricius, 1784)	fitófago
<i>Edessa rufomarginata</i> (De Geer, 1773)	fitófago
Subfamília Pentatominae	
<i>Agroecus griseus</i> Dallas, 1851	fitófago
<i>Arvelius albopunctatus</i> (DeGeer, 1773)	fitófago
<i>Banasa irata</i> (Fabricius, 1787)	fitófago
<i>Berecynthus hastator</i> (Fabricius, 1798)	fitófago
<i>Chinavia ubica</i> (Rolston, 1983)	fitófago
<i>Chinavia vanduzeei</i> Schwertner & Grazia, 2006	fitófago
<i>Dichelops melacanthus</i> (Dallas, 1851)	fitófago
<i>Euschistus crenator</i> (Fabricius, 1794)	fitófago
<i>Hypatropis inermis</i> (Stål, 1872)	fitófago
<i>Mormidea maculata</i> Dallas, 1851	fitófago
<i>Mormidea ypsilon</i> (Linnaeus, 1758)	fitófago
<i>Oebalus poecilus</i> (Dallas, 1851)	fitófago
<i>Oebalus ypsilon</i> (DeGeer, 1773)	fitófago
<i>Pellaea stictica</i> (Dallas, 1851)	fitófago
<i>Piezodorus guildinii</i> (Westwood, 1837)	fitófago
<i>Proxys albopunctulatus</i> (Palisot de Beauvois, 1805)	fitófago
<i>Tibraca limbativentris</i> Stål, 1860	fitófago
<i>Thyanta perditor</i> (Fabricius, 1794)	fitófago

**Família Reduviidae**

Subfamília Ectrichiinae	
<i>Brontostoma colossus</i> (Distant, 1902)	predador
<i>Brontostoma oglobini</i> Wygodzinsky, 1951	predador
Subfamília Harpactorinae	
Tribo Apiomerini	
<i>Apiomerus brachycephalus</i> Costa Lima, Seabra & Hathaway, 1951	predador
<i>Apiomerus</i> cf. <i>flavipennis</i> Herrich-Schaeffer, 1848	predador
<i>Apiomerus hirtipes</i> (Fabricius, 1787)	predador
Tribo Harpactorini	
<i>Cosmoclopius nigroannulatus</i> (Stål, 1860)	predador
<i>Doldina carinulata</i> Stål, 1859	predador
<i>Heza</i> sp.	predador
<i>Repipta</i> sp.	predador
<i>Ricolla quadrispinosa</i> (Linnaeus, 1767)	predador
<i>Sindala</i> sp.	predador
<i>Zelus laticornis</i> (Herrich-Schaeffer, 1853)	predador
<i>Zelus pedestris</i> Fabricius, 1803	predador
<i>Zelus ruficeps</i> Stål, 1862	predador
<i>Zelus</i> sp.	predador
<i>Zelus</i> sp. 1	predador
<i>Zelus</i> sp. 2	predador
<i>Zelus</i> sp. 3	predador
<i>Zelus</i> sp. 4	predador
Subfamília Peiratinae	
<i>Melanolestes morio</i> (Erichson, 1848)	predador
<i>Rasahus hamatus</i> (Fabricius, 1781)	predador
<i>Rasahus arcitenens</i> (Stål, 1862)	predador
Subfamília Vesciinae	
<i>Vescia</i> sp.	predador
Subfamília Sphaeridopinae	
<i>Sphaeridops amoenus</i> (Lepelletier & Serville, 1825)	predador

continua...

...continuação

<b>ORDEM HEMIPTERA/HOMOPTERA</b>	
<b>Família Cercopidae</b>	
<i>Deois (Acanthodeois) incompleta</i> (Walker, 1851)	fitófago
<i>Mahanarva spectabilis</i> (Distant, 1909)	fitófago
<i>Mahanarva tristes</i> (Fabricius, 1803)	fitófago
<i>Zulia pubescens</i> Fabricius, 1803	fitófago
<b>ORDEM HYMENOPTERA</b>	
<b>Família Apidae (em identificação)</b>	
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	predador
<b>Família Braconidae</b>	
<i>Aleiodes</i> sp. (Rogadinae)	parasitoide
<i>Bracon</i> sp. 1	parasitoide
<i>Bracon</i> sp. 2	parasitoide
<i>Cotesia</i> sp.	parasitoide
<i>Glyptapanteles</i> sp.	parasitoide
<i>Microplitis</i> sp.	parasitoide
<i>Protopanteles</i> sp. 1	parasitoide
<i>Protopanteles</i> sp. 2	parasitoide
<b>Família Chalcididae</b>	
<i>Brachymeria</i> sp.	parasitoide
<i>Conura</i> sp. 1	parasitoide
<i>Conura</i> sp. 2	parasitoide
<b>Família Eulophidae</b>	
<i>Euplectrus</i> sp.	parasitoide
<b>Família Formicidae (em identificação)</b>	
<i>Acromyrmex</i> sp.	fitófago
<i>Apterostigma</i> sp.	fitófago
<i>Atopomyrmex</i> sp.	fitófago
<i>Atta</i> sp.	fitófago
<i>Azteca</i> sp.	fitófago
<i>Brachymyrmex</i> sp.	fitófago
<i>Camponotus</i> sp.	onívoro
<i>Cardiocondyla</i> sp.	-
<i>Cephalotes</i> sp.	nectívora
<i>Crematogaster</i> sp.	fitófago
<i>Cyphomyrmex</i> sp.	fitófago
<i>Dorimyrmex</i> sp.	onívoro
<i>Eciton</i> sp.	predador
<i>Ectatoma</i> sp.	predador
<i>Gnamptogenys</i> sp.	predador
<i>Heteroponera</i> sp.	predador
<i>Hipoponera</i> sp.	predador
<i>Hylomyrma</i> sp.	onívoro
<i>Hypoclinea</i> sp.	nectívora
<i>Lasini</i> sp.	-
<i>Lasius</i> sp.	-
<i>Leptogenys</i> sp.	predador
<i>Linepithema</i> sp.	onívoro
<i>Monomorium</i> sp.	-
<i>Myocepurus</i> sp.	fungívora
<i>Neivamyrmex</i> sp.	predador
<i>Odontomachus</i> sp.	predador
<i>Pachycondyla</i> sp.	predador
<i>Paratrechina</i> sp.	onívoro
<i>Petalomyrmex</i> sp.	-
<i>Pheidole</i> sp.	predador
<i>Pseudomyrmex</i> sp.	-
<i>Rhopalothrix</i> sp.	predador
<i>Solenopsis</i> sp.	onívoro/predador
<i>Tapinoma</i> sp.	-
<i>Tecnomyrmex</i> sp.	-
continua...	

...continuação

<i>Tetramorium</i> sp.	-
<i>Zacryptocerus</i> sp.	-
<b>Família Ichneumonidae</b>	
Subfamília Campopleginae	
<i>Microcharops</i> sp.	parasitoide
Subfamília Cremastinae	
<i>Eiphosoma</i> sp.	parasitoide
<b>Família Meliponidae</b> (em identificação)	
<b>Família Platygasteridae</b>	
<i>Telenomus podisi</i> Ashmead, 1893	parasitoide
<i>Trissolcus urichi</i> Crawford, 1913	parasitoide
<i>Telenomus</i> sp.	parasitoide
<i>Trissolcus</i> sp.	parasitoide
<b>Família Pompilidae</b>	
<i>Anoplius</i> sp.	predador
<b>Família Vespidae</b>	
<i>Agelaia fulvofasciata</i> (De Geer, 1773)	predador
<i>Polybia liliaceae</i> (Fabricius, 1804)	predador
<i>Polybia rejecta</i> (Fabricius, 1798)	predador
<i>Polybia striata</i> (Fabricius, 1787)	predador
<i>Protopolybia chartergoides</i> (Gribodo, 1891)	predador
<i>Synoeca virgínea</i> (Fabricius, 1804)	predador
<b>ORDEM LEPIDOPTERA</b>	
<b>Família Hesperidae</b>	
<i>Corticea corticea</i> (Plötz, 1882)	praga
<i>Heliopetes arsalte</i> (Linnaeus, 1758)	praga
<i>Panoquina ocola ocola</i> (W. H. Edwards, 1863)	praga
<i>Nyctelius nyctelius nyctelius</i> (Latreille [1824])	praga
<i>Perichares philetes</i> spp.	praga
<b>Família Noctuidae</b>	
<i>Mocis latipes</i> (Guenée, 1852)	praga
<b>Família Crambidae</b>	
Subfamília Spilomelinae	
<i>Marasmia trapeziata</i> (Guenée, 1854)	praga
<b>ORDEM ORTHOPTERA</b>	
<b>Família Acrididae</b>	
<i>Abracris dilecta</i> Walker, 1870	praga
<i>Abracris flavolineata</i> (De Geer, 1773)	praga
<i>Amblytropidia robusta</i> Bruner, 1906	praga
<i>Amblytropidia</i> sp.	praga
<i>Coscineuta</i> sp.	praga
<i>Dichroplus</i> sp.	praga
<i>Guaranacris rubripennis</i> (Perty, 1832)	praga
<i>Metaleptea adspersa</i> (Blanchard, 1843)	praga
<i>Ommalotettix obliquus</i> (Thunberg, 1824)	praga
<i>Orphula gracilicorne</i> Bruner, 1910	praga
<i>Orphulella concinnula</i> (Walker, 1870)	praga
<i>Tetrataenia surinama</i> (Linnaeus, 1764)	praga
<i>Tucaya gracilis</i> (Giglio-Tos, 1897)	praga
<b>Família Tettigidae</b>	
<i>Tetrix subulata</i> (Linnaeus, 1758)	praga
<i>Tetrix</i> sp.	praga
<b>Família Tettigoniidae</b>	
<i>Conocephalus</i> sp.	praga
<i>Neoconocephalus</i> sp.	praga

## Formigas

Em ecossistemas terrestres, a diversidade de espécies de formigas aumenta conforme a complexidade estrutural do habitat (Hölldobler e Wilson, 1990; Fowler *et al.*, 1991). Isso ocorre pois os sítios de nidificação, a área de forrageamento, a quantidade de alimento disponível e a interação competitiva entre as espécies são fatores que influenciam esse aumento (Morais e Benson, 1988; Hölldobler e Wilson, 1990; Folgarait, 1998). Em ambientes tropicais, as florestas possuem um número de espécies bastante elevado, enquanto nas formações vegetais mais homogêneas, como em campos de gramíneas e em áreas agrícolas, é mais reduzido (Moraes e Diehl, 2009).

Para muitos autores, diversas práticas agrícolas (implantação de pastagens, irrigação, drenagem, adubação, lavração ou colheita) podem reduzir a biodiversidade e/ou a biomassa de formigas e a densidade de suas colônias (Díaz, 1991; Perfecto e Snelling, 1995; Radford *et al.*, 1995). Apesar desta redução, muitas espécies parecem tolerar e se recuperar (resistência) ou voltar a invadir (resiliência) as mesmas áreas após uma perturbação (Folgarait, 1998). Em nosso levantamento, encontrou-se um elevado número de gêneros de formigas (37) logo nas primeiras coletas, e isto deve-se provavelmente ao fato da área da plantação de arroz ser rodeada pela floresta Amazônica (Figura 1.1, Tabela 1.1).

Alguns gêneros considerados pragas (formigas cortadeiras) estiveram presentes em ambas as áreas (*Acromyrmex*), e outros foram presentes apenas na área sem utilização de produtos fitossanitários (*Atta*) (Figura 1.3). Ambos os gêneros (*Acromyrmex* e *Atta*) são considerados fungívoros dominantes dos trópicos e subtropicais, e consomem mais material vegetal (para produção dos fungos que utilizam como alimento) do que qualquer outro grupo de animais, incluindo os mamíferos e outros insetos desfolhadores (Della-Lucia e Souza, 2011; Hölldobler e Wilson, 1990). Essas formigas acarretam danos diretos principalmente nas culturas de cana-de-açúcar, gramíneas de pastagens (Cherrett 1986; Della-Lucia e Souza, 2011) e florestas plantadas ou naturais (Boaretto e Forti, 1997; Della-Lucia e Souza, 2011; Della-Lucia, *et al.*, 2008). Atacam ainda plantas cultivadas como cacau, milho, arroz, mandioca, algodão, café, plantas ornamentais e frutíferas (Cherrett, 1986; Loureiro e Monteiro, 2005). No entanto, as formigas cortadeiras não foram os gêneros mais abundantes em nosso levantamento, os gêneros mais expressivos foram

*Solenopsis*, *Dorimyrmex*, *Camponotus*, *Acromyrmex* e *Linepithema*, nesta ordem, coletados em ambas as áreas de coletas (Figura 1.4).

Os gêneros *Camponotus*, *Dorimyrmex* e *Solenopsis* são principalmente onívoros e embora não pertençam ao grupo das formigas cortadeiras (fungívoras), provocam sérios transtornos à agricultura devido a dificuldade de utilização das áreas infestadas devido às alterações que provocam na superfície do terreno (Delabie *et al.*, 2000). Os formigueiros de *Camponotus* por exemplo, são construídos acima da superfície do solo, atingindo até um metro de altura e são muito consistentes (Simas *et al.*, 1997). Estes formigueiros dificultam o preparo do solo para a implantação da cultura, pois não são facilmente destruídos por arados e grades e mesmo em áreas destinadas à pecuária, dificultam o trânsito pelo local e o manejo do gado (Grecco, 1994). Loeck *et al.* (1993) constataram a ocorrência da *Camponotus punctulatus* Mayr, 1868 em pastagens da zona sul do Estado do Rio Grande do Sul, enfatizando a dificuldade de destruição dos formigueiros, que ocorrem em áreas de repouso, após a colheita do arroz (Simas *et al.*, 1997). O gênero *Linepithema* é frequentemente observado em habitat primário imperturbável, embora a maioria das espécies possa ser encontrada em pastos, gramados, estradas e outros habitats perturbados, sugerindo que as populações se adaptam razoavelmente bem ao desmatamento e modificação do habitat (Wild, 2007).

As formigas, também desempenham funções no controle da população de outros invertebrados (Silva e Brandão, 1999). Em muitos habitats tropicais de solo seco, as formigas exercem uma grande influência sobre outros organismos, e certas espécies, como *Solenopsis geminata* (Fabricius 1804) e algumas do gênero *Pheidole*, são conhecidas como predadoras de pragas em sistemas de arroz de sequeiro nos trópicos (Way e Khoo, 1992). Nas Filipinas, *S. geminata* foi muitas vezes observada predando pragas do arroz, com destaque no controle de hemípteros, lepidópteros, ovos e juvenis do caracol-dourado, *Pomacea canaliculata* (Lamarck 1822) (Way *et al.*, 1998).

Em nosso trabalho, encontramos vários gêneros de formigas considerados predadores, tais como *Leptogenys* que são predadoras especialistas de cupins (Delabie *et al.*, 2000; Silvestre 2000; Quiroz-Robledo e Valenzuela-González, 2007) e como o gênero *Odontomachus* que é composto principalmente, por espécies grandes e predadoras generalistas dominantes no solo, as quais também podem forragear na vegetação (Delabie *et al.*, 2000; Silvestre, 2000).

Formigas dos gêneros *Pheidole* e *Solenopsis* já foram relatadas predando ovos e ninfas de cigarrinhas das pastagens *Aeneolamia* sp. (Hemiptera, Cercopidae) (Medina *et al.*, 1993; Medina 1995). E em cultura de algodão, Fernandes *et al.* (1994) relataram que adultos do bicudo do algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera, Curculionidae) eram atacados e removidos por formigas.

No Brasil, Moraes e Diehl (2009) fizeram um levantamento de formigas em cultivo de arroz irrigado na região sul do país, e coletaram 24 espécies de formigas, pertencentes a 13 gêneros. Essa quantidade de gêneros, é quase três vezes menor do que o verificado em nosso trabalho para o arroz de terras altas, e esta diferença pode ser explicada pelos diferentes tipos de cultivos entre os estudos. Isso corrobora com os relatos de Majer e Delabie (1994), ao afirmarem que apesar das formigas apresentarem inúmeras estratégias de sobrevivência, a redução na riqueza de espécies de formigas da Amazônia, ocorre quando o solo sofre com as inundações. Uetz *et al.* (1979) relataram que, quando ocorrem repetidas inundações, além da redução da abundância de artrópodes em geral, também nota-se alterações em outros fatores que interferem diretamente na distribuição e abundância das formigas, tais como os locais de nidificação, a temperatura e a umidade do solo.

Mesmo assim, algumas espécies de formigas se adaptam muito bem a ambientes perturbados e podem ser as primeiras a colonizarem esses locais (Alonso e Agosti, 2000). Rainhas e operárias do gênero *Formica* podem sobreviver por mais de quatorze dias submersas na água em hibernação, consumindo de 5 a 20% do oxigênio utilizado em situação normal (Grylberg e Rosengren, 1984). *Solenopsis geminata*, quando presentes em ambientes inundados, formam enormes bolas de operárias para proteger suas reprodutoras e flutuam na água até encontrar um ambiente seco (Litsinger *et al.*, 1986). Durante as inundações na floresta Amazônica, operárias de *Acromyrmex lundii carli* Santschi 1925 se deslocam sobre a superfície da água à procura de locais secos, como galhos e troncos, até as águas baixarem (Adis, 1982). Isso demonstra o potencial adaptativo deste grupo de insetos.

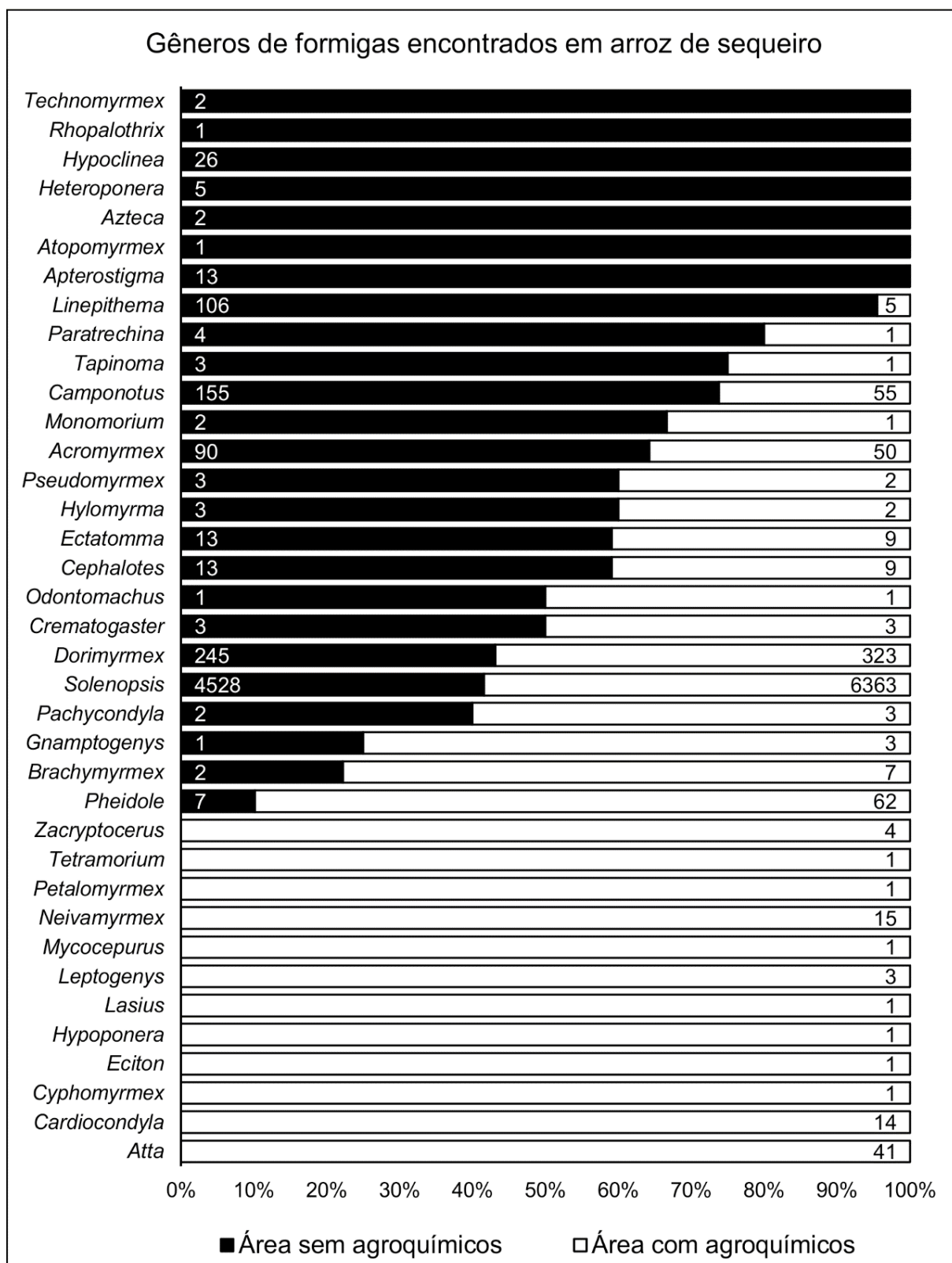


Figura 1.3. Porcentagem (e quantidade de exemplares) de cada gênero de formigas coletado em áreas com e sem aplicação de produtos fitossanitários. Amostragem por armadilha de solo (tipo *pitfall*). Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA, 2010-2011.



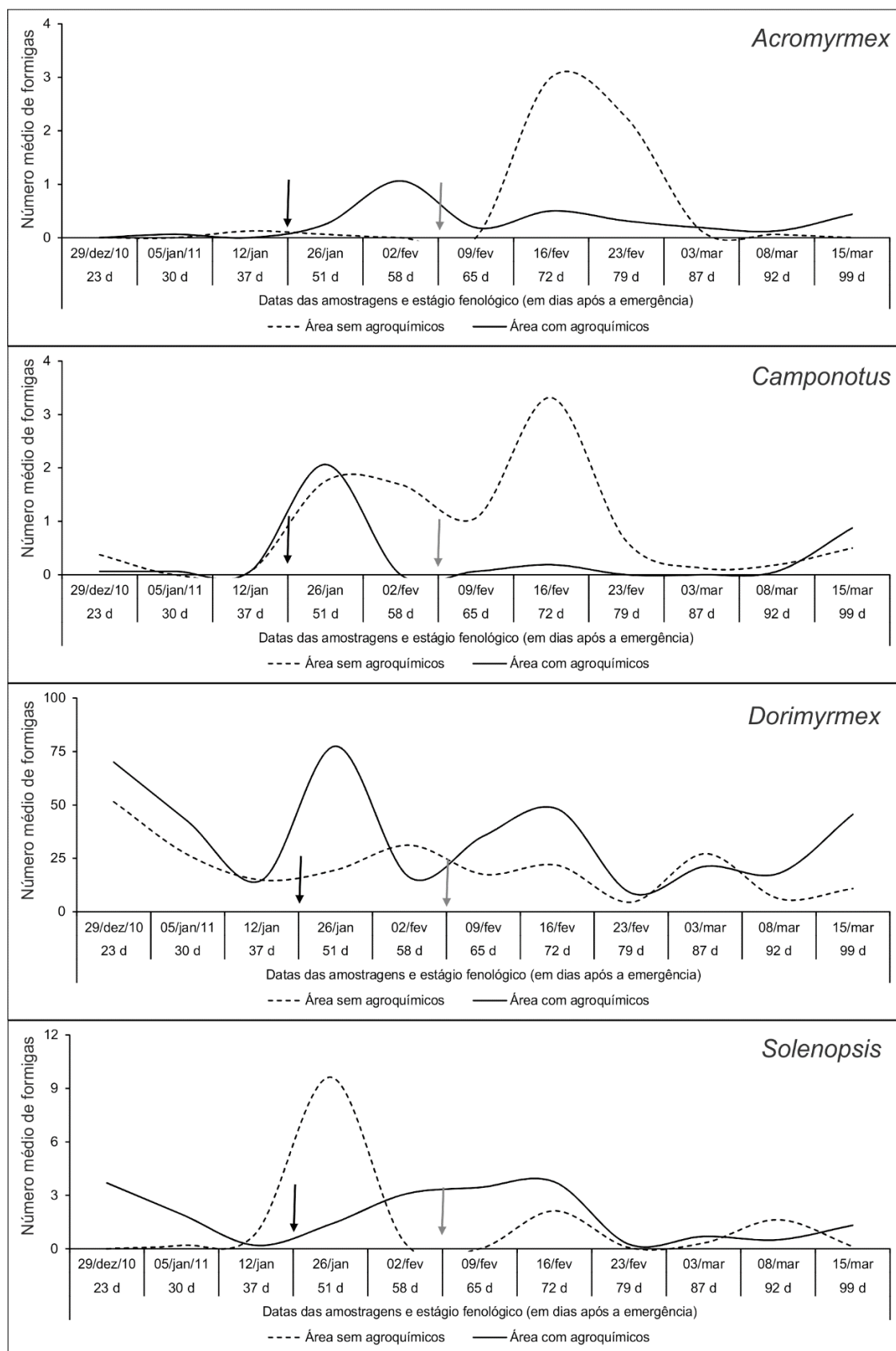


Figura 1.4. Flutuação populacional dos gêneros *Acromyrmex*, *Camponotus*, *Dorimyrmex* e *Solenopsis* encontrados em áreas com e sem aplicação de produtos fitossanitários. Amostragem por armadilhas de solo (*pitfalls*). Setas indicam as datas de aplicação de produtos fitossanitários (14/jan/2011: Ally+Herbadox+Pounce; e 05/fev/2011: Parathion+Odin+Priori). Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA, 2010-2011.

## Hemípteros

Recentemente, Gallo *et al.* (2002) apresentaram a ordem Hemiptera dividida em três subordens: Heteroptera, Sternorrhyncha e Auchenorrhyncha, as duas últimas em substituição a Homoptera. Estes autores esclarecem que a divisão da ordem Hemiptera ainda é assunto de discussão pelos hemipteristas e por esse motivo será utilizada neste trabalho a divisão apresentada por Gallo *et al.* (1988) e Wilson e Claridge (1991), que consideram Homoptera e Heteroptera como subordens de Hemiptera.

Grande variedade de homópteros pode ocorrer associados à cultura do arroz, muitos deles considerados pragas importantes, pelos prejuízos que podem provocar. Dentre os Homoptera, as cigarrinhas, são frequentemente encontradas em arrozais onde podem provocar perdas totais da lavoura, além de serem potenciais transmissores de doenças (Ferreira *et al.*, 2003). Estes insetos, particularmente na fase adulta, sugam a seiva da gramínea e injetam uma toxina que interfere na síntese da clorofila (Hewitt, 1988). Em decorrência dessa alimentação, ocorre o amarelecimento das folhas, a restrição no crescimento da planta, o decréscimo na produção de forragem e, conseqüentemente a redução na capacidade de suporte das plantas atacadas no campo (Hewitt, 1985; 1988).

Os homópteros da família Cercopidae são representadas por diferentes gêneros e espécies, e no Brasil Central, a monocultura de pastagens introduzidas tem resultado no aumento populacional desses hemípteros, cujos prejuízos não se limitam apenas às pastagens, ocorrendo também em culturas do arroz, cana-de-açúcar e milho (Hewitt, 1988; Cosenza *et al.*, 1989; Nilakhe, 1985). Áreas significativas, ocupadas com arroz e milho, principalmente em Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais e, mais recentemente, Mato Grosso, têm sido infestadas por estas pragas (Bernardo *et al.*, 2003). No entanto, são incipientes os estudos para o Pará.

Em nosso trabalho foram encontradas quatro espécies de cercopídeos, *Deois (Acanthodeois) incompleta* (Walker, 1851), *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909), *Mahanarva tristes* (Fabricius, 1803) e *Zulia pubescens* Fabricius, 1803, e mesmo que tenham ocorrido em pequena quantidade, a presença destes insetos é um indício de que eles podem vir a se tornar pragas potenciais em culturas de arroz de terras altas no estado (Tabela 1.1). Principalmente quando consideramos os relatos anteriores dos danos causados por estes organismos.

O primeiro registro de dano de cigarrinhas em arroz ocorreu em uma lavoura irrigada, no Rio Grande do Sul, onde *Deois flexuosa* (Walker, 1851) causou perda de produção estimada em 5% (Pugliese e Terra, 1957). Posteriormente, Rossetto *et al.* (1978) observaram *Deois flavopicta* (Stål., 1854) e *Deois schach* (Fabricius, 1787) causando dano em arroz de terras altas em São Paulo. Entretanto, os maiores danos foram ocasionados por *D. flavopicta* e *Zulia entreriana* (Berg., 1879) em arroz de terras altas no Centro-Oeste do Brasil, onde a área perdida decorrente do ataque da cigarrinha foi estimada em 52.000 ha em 1981/82 no Estado de Goiás e em 23.000 ha em 1983/84 no Estado de Mato Grosso do Sul (Barbosa *et al.*, 1983; Souza e Nilakhe, 1985).

Muitas espécies de cigarrinhas comumente encontradas em pastagens já foram observadas atacando cultura de arroz, com destaque para *D. flavopicta*, que por ocorrer com maior frequência e em altas populações nas regiões de maior concentração de arroz de terras altas, tem sido mais prejudicial à cultura (Ferreira *et al.*, 2003). Considerando o exposto, este grupo de insetos merece atenção e deve ser monitorada, principalmente em novas fronteiras agrícolas, como na área de nosso estudo.

A fauna de Heteroptera encontrada no nosso levantamento em arroz de sequeiro mostrou-se extensa e diversificada (Tabela 1.1). Foram coletadas muitas espécies fitófagas ( $\pm 24$  spp), que se alimentam de diferentes partes das plantas de arroz, e muitas espécies predadoras ( $\pm 25$  spp), que se alimentam de outros insetos, além de espécies cujo papel ainda não é conhecido. Analisando-se apenas as espécies consideradas orizívoras para o Brasil, as principais pertencem aos gêneros *Oebalus* e *Tibraca*, o primeiro com exemplares atacando principalmente as panículas do arroz, com destaque para *Oebalus poecilus* (Dallas, 1851), *Oebalus ypsilongriseus* (De Geer, 1773) e *Oebalus grisescens* (Sailer, 1944), e o segundo, representado por *Tibraca limbativentris*, que se alimenta especialmente dos colmos das plantas de arroz (Ferreira *et al.*, 2001; Silva *et al.*, 2012).

Os percevejos dos grãos ocorrem em todas as regiões produtoras de arroz no Brasil. Nos últimos anos, os percevejos das panículas têm sido abundantes em grandes áreas das regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil, e embora *O. poecilus* e *O. ypsilongriseus* possam ocorrer simultaneamente no ambiente de várzeas, *O. ypsilongriseus* ocorre preferencialmente no ambiente de terras altas e *O. poecilus* predomina em ambiente irrigado (Ferreira *et al.*, 2001). Essas informações não

corroboram com o encontrado em nosso trabalho, uma vez que *O. poecilus* foi muito mais abundante do que *O. ypsilongriseus* e também houve pico populacional ainda na fase vegetativa na área sem aplicação de agroquímicos, o que pode estar relacionado com a maior diversidade de plantas daninhas (geralmente espécies de capins) presentes nesta área (Figura 1.5).

Outra espécie tão abundante quanto *O. poecilus* foi *Mormidea maculata* Dallas, 1851, mostrando-se como uma potencial praga para as culturas de arroz da região norte do país (Figura 1.6). Percevejos do gênero *Mormidea* foram previamente relatados como pragas importantes do arroz no Brasil, como *M. notulifera* (Silva *et al.*, 1990) e em Porto Rico, Colômbia e Estados Unidos com destaque para *M. angustata* (Stål, 1862) *M. cubrosa* Dallas, 1851, *M. pictiventris* Stål, 1862 e *M. maculata* (Genung *et al.*, 1979; Jones e Cherry, 1986; Franqui, 1987; Pantoja *et al.*, 1997; Cherry e Nuessly, 2010).

A flutuação de *T. limbativentris* mostrou-se similar com as informações relatadas na literatura, onde os percevejos são comumente encontrados nas plantas já na fase vegetativa, e se mantem na cultura no decorrer do seu desenvolvimento (Silva *et al.*, 2004) (Figura 1.7). No entanto, como foram realizados quatro tipos de coletas (pano de batida, rede entomológica e armadilha tipo *pitfall*), pode-se verificar quais foram as metodologias mais apropriadas para o monitoramento desta espécie (Figura 1.8). Na comparação entre os três tipos de coleta, o pano de batida e a rede entomológica foram significativamente mais eficientes do que o *pitfall*, tanto na área sem controle fitossanitário (Kruskal-Wallis test:  $H_{2,528}=74,62314$   $p=,0000$ ), quanto na área com aplicação de agroquímicos (Kruskal-Wallis test:  $H_{2,528}=14,03990$   $p=,0009$ ). Quando comparado o número de percevejos coletados apenas entre o pano de batida e a rede entomológica, não houve diferença entre os métodos para as coletas realizadas para ambas as áreas (Mann-Whitney Test - sem agroquímicos:  $U=14367.5$ ,  $p=0.240467$ ; com aplicação:  $U=14283.5$ ,  $p=0.207014$ ) (Figura 1.8). Isso demonstra que as duas metodologias podem ser utilizadas para o monitoramento de *T. limbativentris*. No entanto, novos métodos, como a utilização de feromônios sexuais para o monitoramento da população dessa espécie devem ser aplicados e comparados com os métodos tradicionais (Borges *et al.*, 2006).

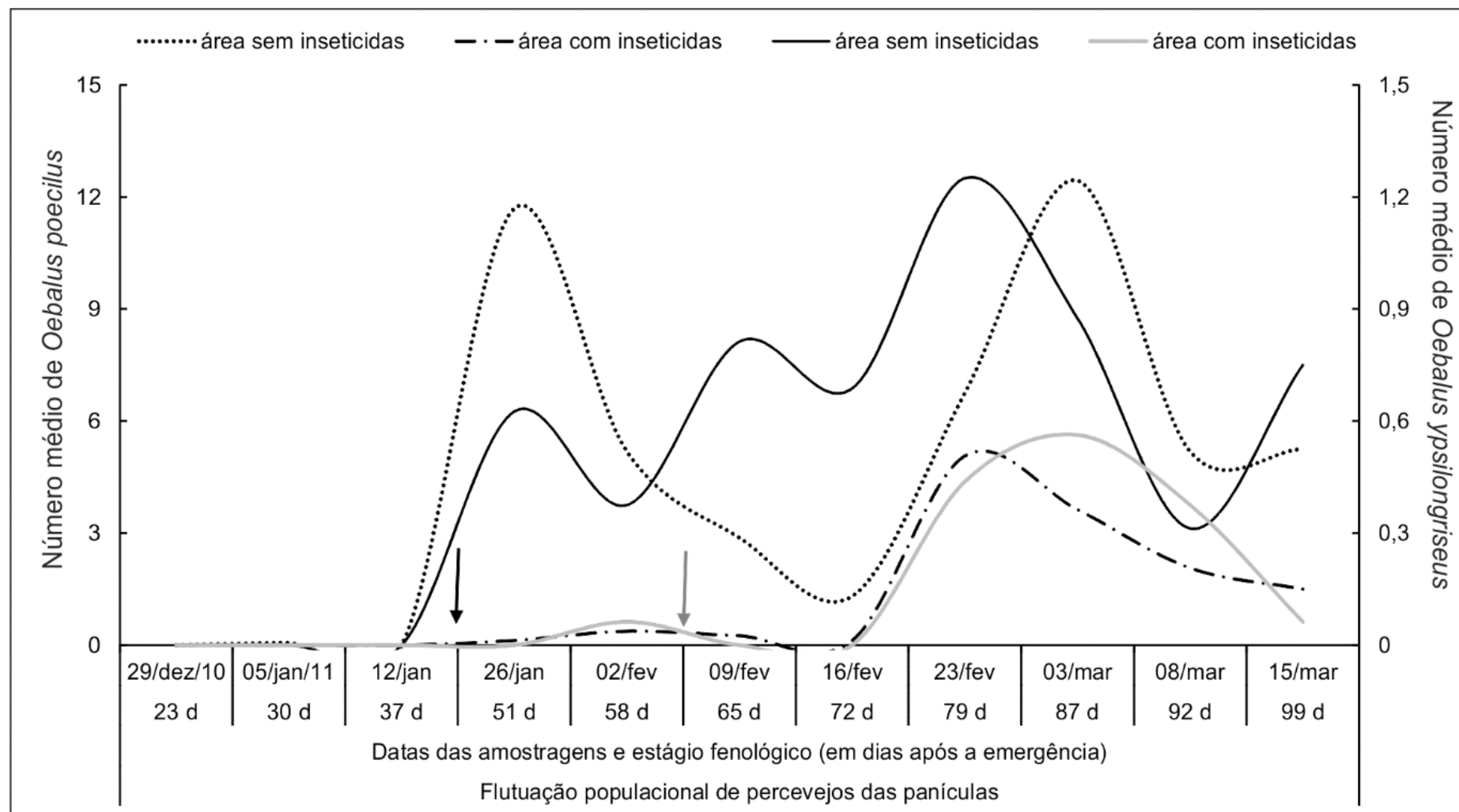


Figura 1.5. Flutuação populacional de *Oebalus poecilus* (linhas pontilhadas) e *Oebalus ypsilonigriseus* (linhas contínuas) em área de cultivo de arroz com e sem aplicação de agroquímicos. Amostragem por rede de varredura. Setas: datas das aplicações dos produtos fitossanitários (14/jan/2011: Ally+Herbadox+Pounce; e 5/fev/2011: Parathion+Odin+Priori). Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA, 2010-2011.

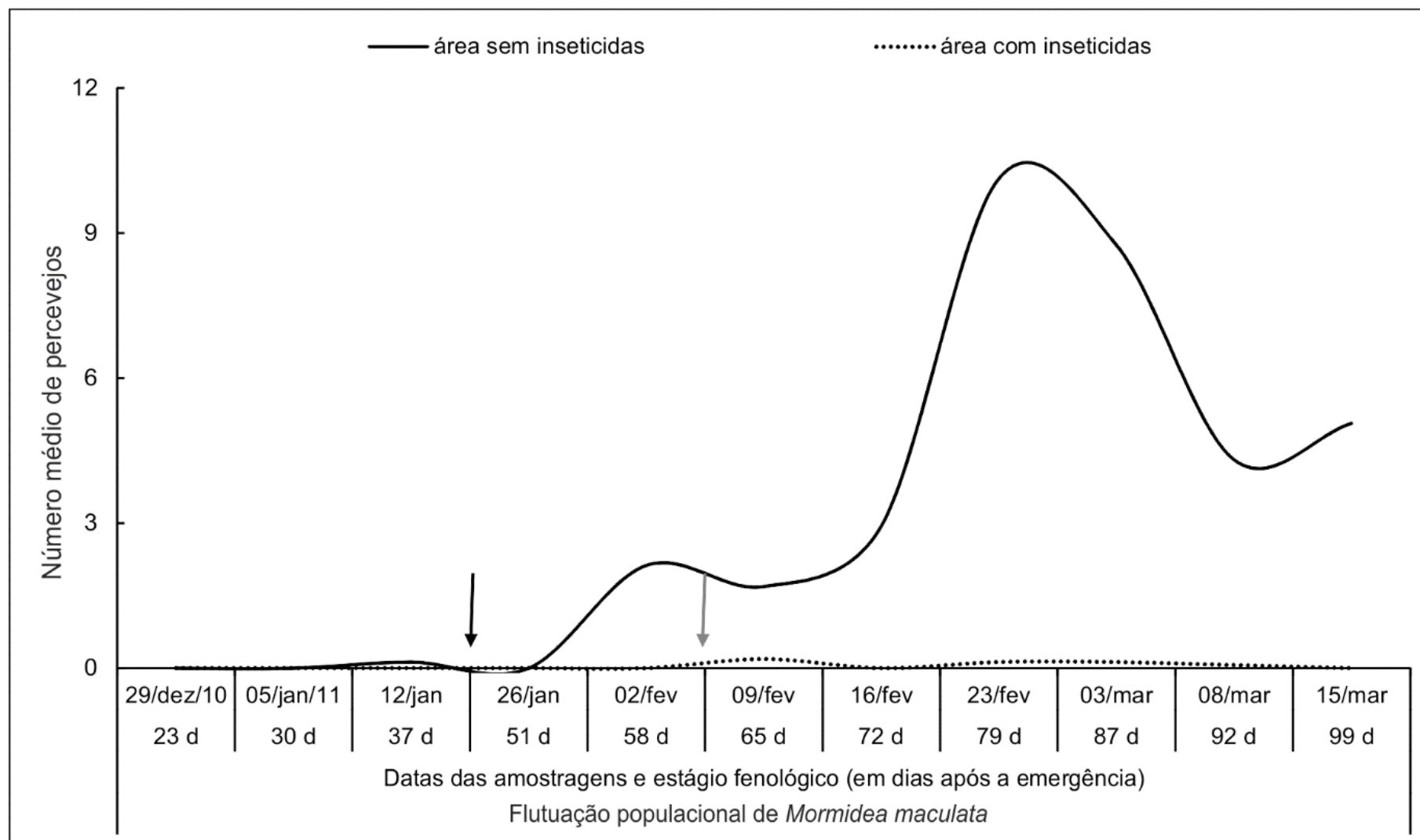


Figura 1.6. Flutuação populacional de *Mormidea maculata* em área de cultivo de arroz com e sem aplicação de agroquímicos. Amostragem por rede de varredura. Setas: datas das aplicações dos produtos fitossanitários (14/jan/2011: Ally+Herbadox+Pounce; e 5/fev/2011: Parathion+Odin+Priori). Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA, 2010-2011.

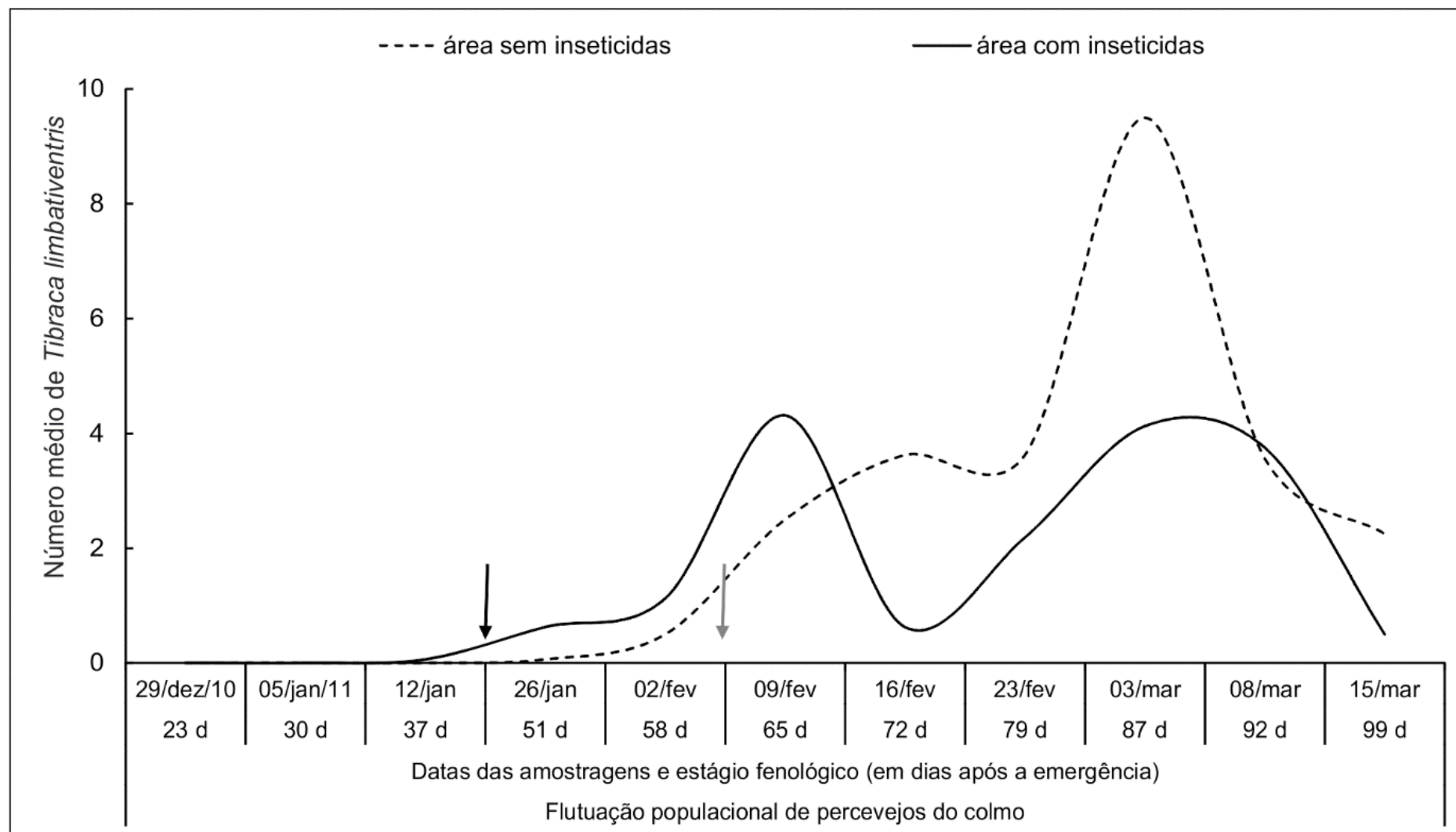


Figura 1.7. Flutuação populacional de *Tibraca limbativentris* em área de cultivo de arroz com e sem aplicação de agroquímicos. Setas: datas das aplicações dos produtos fitossanitários (14/jan/2011: Ally+Herbadox+Pounce; e 5/fev/2011: Parathion+Odin+Priori). Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA, 2010-2011.

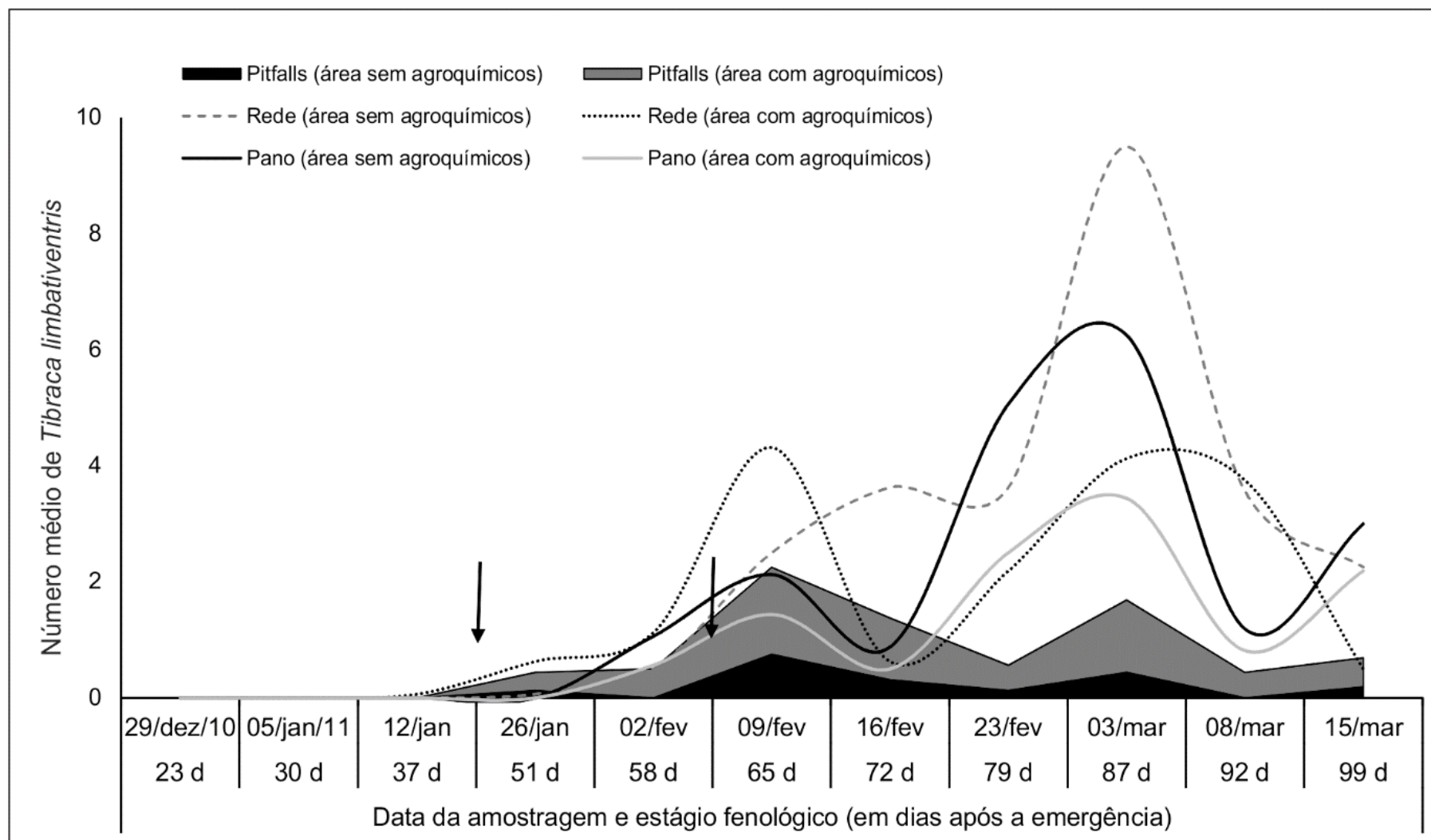


Figura 1.8. Flutuação populacional de *Tibraca limbativentris* em área de cultivo de arroz em diferentes metodologias de amostragem (rede de varredura, armadilha de solo e pano de batida). Setas: datas das aplicações dos produtos fitossanitários (14/jan/2011: Ally+Herbadox+Pounce; e 5/fev/2011: Parathion+Odin+Priori). Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA, 2010-2011.



A família Pentatomidae apresentou os maiores picos populacionais na fase reprodutiva, fato explicado pelo grande número de indivíduos pertencentes às espécies *O. poecilus*, *M. maculata* e *T. limbiventris* encontrados. o que corrobora com outros resultados, que verificaram esse mesmo padrão para levantamentos realizados em arroz irrigado (Martins *et al.*, 2009; Machado e Garcia, 2010). No entanto, nossos resultados diferem parcialmente dos encontrados por Didonet *et al.* (2001), que verificaram baixa densidade populacional dessas espécies em lavoura de terras altas. Além dessas espécies de pentatomídeos comumente encontradas em lavouras de arroz, registrou-se pela primeira vez, *Hypatropis inermis* (Stål, 1872) se alimentando na cultura. Esse registro indica que plantações de arroz podem representar importantes locais de alimentação e reprodução desta espécie, principalmente pelo fato do percevejo *H. inermis* já ter sido encontrado em touceiras de capim rabo-de-burro (*Andropogon bicornis* Linnaeus 1753) no entorno de cultivos de arroz no estado do Rio Grande do Sul (Klein *et al.*, 2013).

## Lepidópteros

Inúmeros lepidópteros são considerados pragas da cultura do arroz; entre os principais relatos estão as lagartas da família Noctuidae, *Mocis latipes* (Guené, 1852), *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797), *Pseudaletia* (=Mythim) *seuax* (Flanclemont, 1951), *Pseudaletia* (=Mythimna) *adultera* (Schaus, 1894) e *Leucania humidicola* (Guené, 1852) (Fritz *et al.*, 2008). Os danos causados por estas lagartas à cultura de arroz são diversos, e consistem desde a destruição ou enfraquecimento de plantas novas, corte de colmos ao nível do solo, desfolhamento de plantas desenvolvidas, além de danos à flores e panículas. Em determinados anos, atinge níveis populacionais elevados, podendo destruir totalmente a lavoura (Gallo *et al.*, 2002; Martins e Botton, 1996).

Foram coletadas 17 espécies de lagartas, no entanto, apenas sete espécies atingiram o estágio adulto que foram identificados, sendo elas, *Corticea corticea* (Plötz, 1882), *Heliopetes arsalte* (Linnaeus, 1758), *Panoquina ocola ocola* (W.H. Edwards, 1863), *Nyctelius nyctelius nyctelius* (Latreille, [1824]), *Perichares philetes* spp., *Marasmia trapeziata* (Guenée, 1854) e *M. latipes*. A maior abundância foi observada para *M. latipes* tanto para a área sem aplicação de produtos fitossanitários quanto para área com a aplicação (Figura 1.9).

*Mocis latipes* se apresentou, tanto na área submetida ao tratamento químico, quanto na sem aplicação, como uma praga aguda na plantação de arroz de sequeiro, se comportando como já relatado por Ferreira (1999) para a espécie *Spodoptera frugiperda* em áreas de arroz irrigado, que em alguns anos atinge níveis populacionais elevados e em outros não (Figura 1.9). Considera-se como praga aguda, aquela que ocorre esporadicamente na cultura, porém em níveis populacionais elevados, motivo que dificulta o seu controle (Martins e Afonso, 2007). Os surtos dos lepidópteros que se apresentam como uma praga aguda, possivelmente estão associados às condições climáticas favoráveis à sua biologia (Martins e Botton, 1996; Ferreira, 1999). Lagartas de *S. frugiperda* são consideradas uma das principais pragas na maioria das regiões de cultivo do arroz irrigado na região sul do Brasil, sendo esporadicamente encontradas em arroz de sequeiro (Martins *et al.*, 1982; 1988). Enquanto que *M. latipes* é mais comumente relatada para regiões produtoras de arroz de terras altas (Zucchi *et al.*, 1993, Didonet *et al.*, 2001). Isso explica o fato de *S. frugiperda* não ter sido registrada em nosso estudo.

## Ortópteros

No Brasil são relatadas pelo menos 20 espécies de Orthoptera de importância econômica ocorrendo em diferentes regiões geográficas (Lecoq 1991; Guerra 2001). Foram coletadas 17 espécies de ortópteros de 3 famílias (Acrididae, Tetrigidae e Tettigoniidae), com destaque para a família Acrididae (13 espécies) (Tabela 1.1).

Segundo Kirk e Bomar (2005), os acridídeos representam uma família muito diversa de espécies que ocupam numerosos habitats. Estes estão associados com gramados ou campos abertos, ensolarados e secos, mas também ocorrem em pântanos, florestas e áreas agrícolas. Nos dias atuais, ataques de gafanhotos não apresentam grandes destaques, mas os registros históricos demonstram grandes problemas ocasionados por estas espécies-praga em todo o mundo, principalmente após introdução da monocultura (Lutinski *et al.*, 2005; Bland, 2003).

Alguns dos acridídeos coletados já foram registrados como responsáveis por danos econômicos de várias culturas agrícolas. Espécies do gênero *Dichroplus* estão entre os ortópteros mais amplamente distribuídos na Argentina, estando presente em 95% dos locais amostrados (Cigliano *et al.*, 2000). É o grupo mais abundante em

diferentes ambientes e apresenta forte associação com plantações e locais fortemente alterados, porém, mostram preferência por habitats mais úmidos (Torrusio *et al.*, 2002; Carbonell *et al.* 2006). Isto pode explicar sua ocorrência em nosso trabalho (Tabela 1.1). Já a espécie *Metaleptea adspersa* (Blanchard, 1843), também encontrada em nosso inventário, tem registros restritos, e é considerada praga ocasional. Pode ser encontrada em formações densas de vegetação, ocorrendo também em gramíneas de ambientes úmidos e até inundados, com danos registrados em plantações de arroz (Garcia *et al.*, 2011; Carbonell *et al.*, 2006).

Entre os Tettigoniidae mais abundantes em nosso levantamento, coletaram-se os gêneros *Conocephalus* e *Neoconocephalus*, com destaque para este último, que foi mais representativo nas coletas (Figura 1.9). Da família Tetrigidae, *Tetrix subulata* (Linnaeus, 1758) foi a espécie mais abundante (Figura 1.10). Insetos destas famílias são comumente encontrados em plantações de arroz no Brasil e em vários outros países das Américas, onde ninfas e adultos podem causar danos, quando a alimentação ocorre após 70 dias do plantio, pois durante este período, as folhas são necessárias para o enchimento dos grãos, quando o ataque nesta fase da planta, causando redução na produção (King e Saunders, 1984; Maes e Tellez-Robledo, 1988; Enríquez, 1994; Saunders *et al.*, 1998).

Recentemente, levantamentos de insetos pragas de arroz realizados no Rio Grande do Sul, mostraram a família Tettigoniidae como a mais representativa (Machado e Garcia 2010), indicando que este grupo de insetos merece atenção, pois já foram registrados em estudos anteriores, onde apareceram com menor representatividade (Guedes *et al.*, 1989; Didonet *et al.*, 2001; Bambaradeniya *et al.*, 2004). Segundo Lutinski (2008), os ataques de ortópteros registrados no Brasil, devem-se principalmente à diminuição dos inimigos naturais (emas, seriemas, gaviões, entre outros), introdução da monocultura e condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento desses insetos. Ademais, o despreparo na identificação das pragas tem sido o maior problema para conter estes insetos, embora o uso de novas tecnologias e produtos fitossanitários pareçam estar controlando e ajudando no monitoramento das populações (Glass, 2001).

Isso reforça a importância de conhecer a biodiversidade nacional, regional e local onde os estudos da ortopterofauna apresentam pouca expressão. E embora este grupo de insetos não represente um problema tão grave no Brasil, têm merecido considerável atenção, principalmente porque a literatura sobre os registros e

levantamentos de Orthoptera de importância econômica no Brasil é antiga, relatando como as principais regiões com problemas, a região Sul (Rio Grande do Sul), Nordeste, Centro-Oeste (Mato Grosso) e Norte (Rondônia) sendo nesses dois últimos estados onde a situação parece ser, mais crítica (Batistella *et al.*, 1996).

Lecoq (1991) alertou que o homem pode, ao modificar o ambiente, favorecer o gafanhoto propiciando novos meios a certas espécies que antes eram inofensivas. De acordo com diferentes autores, as explosões populacionais de gafanhotos em certos estados do Brasil (Rondônia e Mato Grosso, especialmente) estão certamente ligadas, em grande parte, ao desmatamento, ocasionando desequilíbrio ecológico e significativa redução dos inimigos naturais, favorecendo sua explosão populacional (Carbonell, 1988). Da mesma forma, os novos cultivos introduzidos nas áreas recém abertas, dão uma grande vantagem competitiva aos gafanhotos, influenciando na sua capacidade de sobrevivência e o tamanho populacional (Begon *et al.*, 2006).

Estes exemplos mostram que independente da composição de ortópteros, a modificação do ambiente, a utilização de produtos químicos e os fatores climáticos podem contribuir para o aumento da população destes insetos, que consequentemente podem vir a causar prejuízos econômicos em diversas culturas, inclusive no arroz.

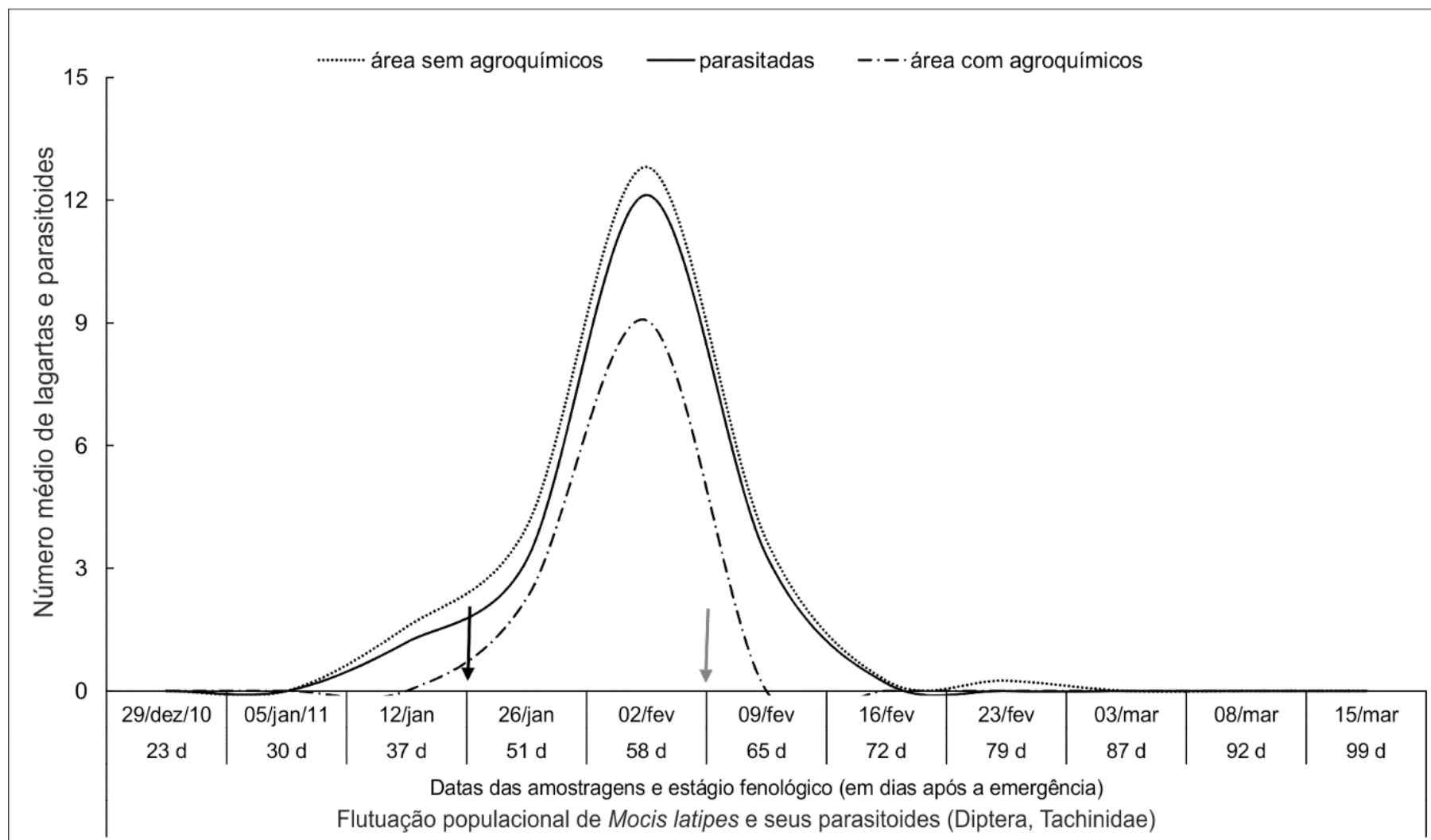


Figura 1.9. Flutuação populacional de *Mocis latipes* (número médio por semana amostrada) e seus parasitoides (Diptera, Tachinidae) em área com e sem aplicação de agroquímicos. Setas: datas das aplicações dos produtos fitossanitários (14/jan/2011: Ally+Herbadox+Pounce; e 5/fev/2011: Parathion+Odin+Priori). Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA, 2010-2011.

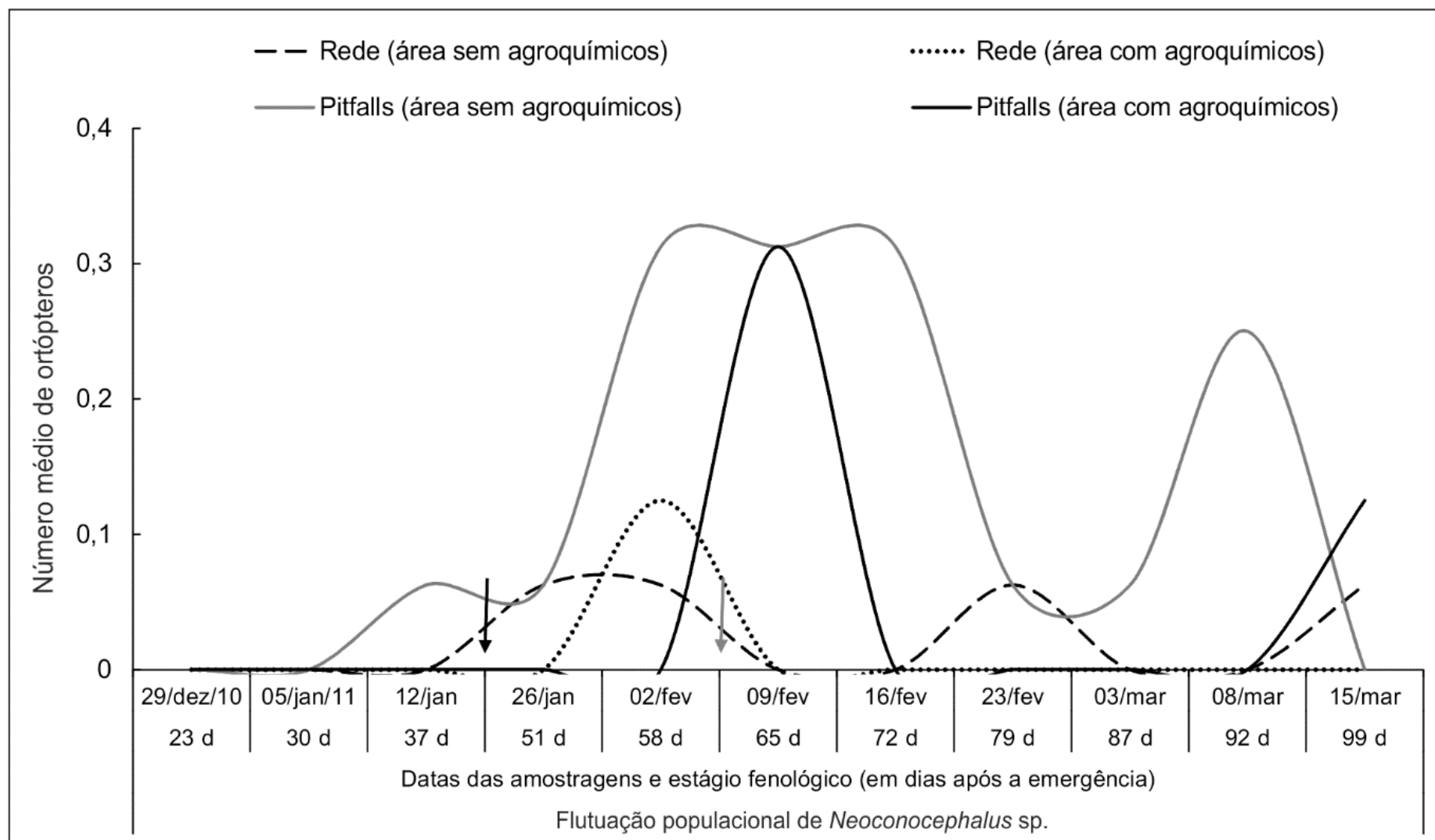


Figura 1.10. Flutuação populacional de *Neoconocephalus* sp. em área sem aplicação de agroquímicos. Amostragem por rede de varredura e armadilha de solo (*pitfalls*). Setas: datas das aplicações dos produtos fitossanitários (14/jan/2011: Ally+Herbadox+Pounce; e 5/fev/2011: Parathion+Odin+Priori). Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA, 2010-2011.

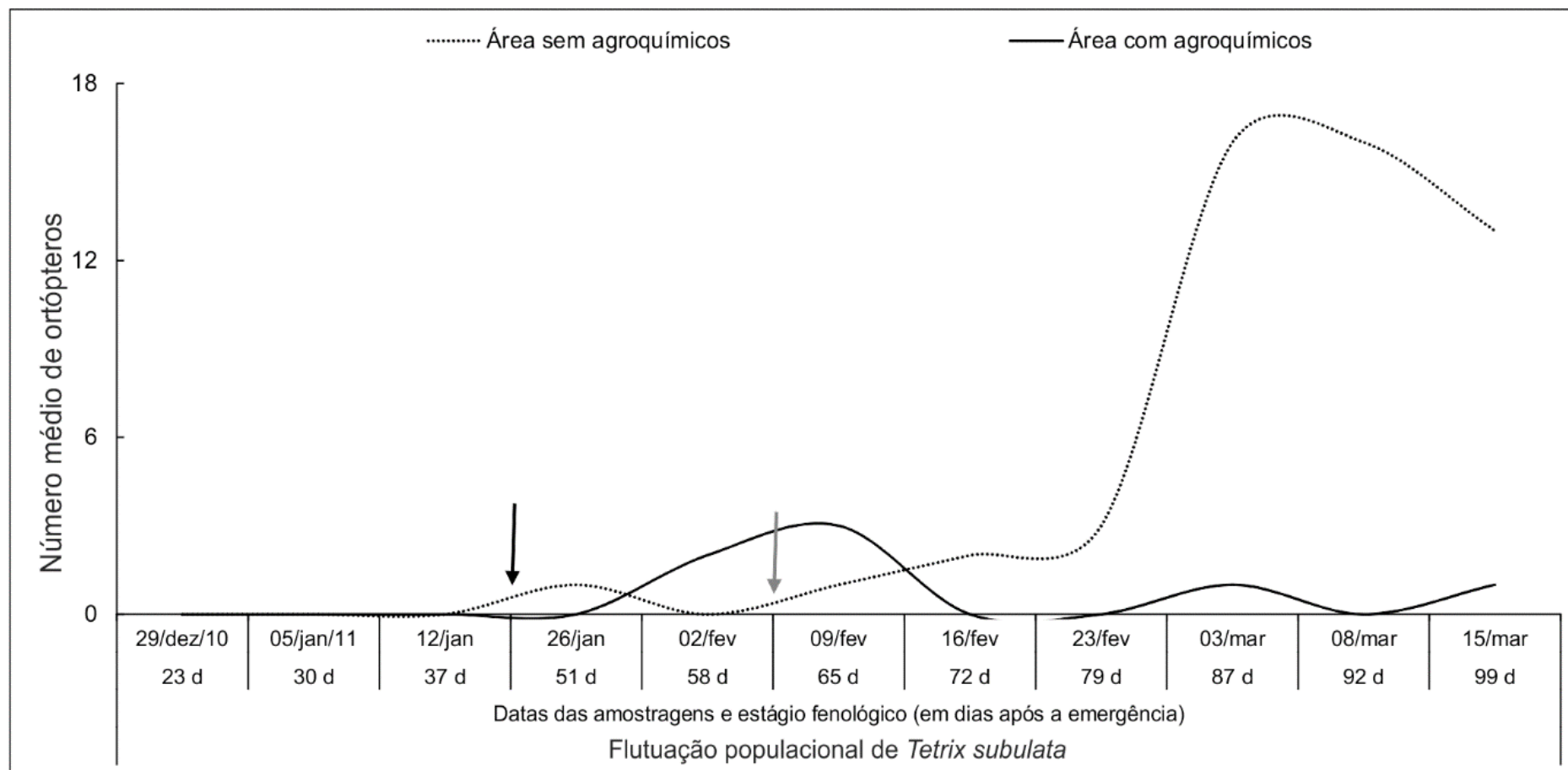


Figura 1.11. Flutuação populacional de *Tetrax subulata* em área sem aplicação de agroquímicos. Amostragem por rede de varredura. Setas: datas das aplicações dos produtos fitossanitários (14/jan/2011: Ally+Herbadox+Pounce; e 5/fev/2011: Parathion+Odin+Priori). Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA, 2010-2011.

## **Coleópteros**

A Ordem Coleoptera, devido a sua importância na Classe Insecta, sempre foi motivo de estudo no que diz respeito à variedade de indivíduos e flutuação populacional. No entanto, os trabalhos de levantamento desse grupo de insetos em arroz se limitam às espécies ocorrentes em arroz irrigado (Shang *et al.*, 2004; Neves *et al.*, 2011; Hickell, 2013; Possebon *et al.*, 2013; Tindall *et al.*, 2013) e também com as espécies de grãos armazenados (Smiderle *et al.*, 1999; Fontes *et al.*, 2003; Sousa *et al.*, 2010; Copatti *et al.*, 2013). Em nosso levantamento, foram amostrados besouros de 11 famílias (Brentidae, Carabidae, Chrysomelidae, Cicindelidae, Coccinellidae, Curculionidae, Hydrophilidae, Lampryidae, Lycidae, Scarabaeidae e Staphylinidae), com destaque para os Chrysomelidae (Tabela 1.1).

## **Inimigos naturais**

A manutenção dos inimigos naturais é de fundamental importância para evitar que os insetos-pragas alcancem níveis populacionais capazes de causar danos econômicos (Berti-Filho e Ciociola, 2002; Degrande *et al.*, 2002). Os inimigos naturais estão presentes em várias ordens da Classe Insecta, com 22 ordens de predadores e cinco de insetos considerados parasitoides (Berti-Filho e Ciociola, 2002). Em nosso levantamento foram encontrados inimigos naturais em sete ordens, sendo seis com predadores (Araneae, Scorpiones, Scolopendromorpha, Coleoptera, Hemiptera/Heteroptera e Hymenoptera) e duas com parasitoides (Diptera e Hymenoptera) (Tabela 1.1).

Entre os predadores coletados, destacamos o registro de um gênero novo de percevejo predador (Pentatomidae, Asopinae), que foi registrado se alimentando de lagartas. Embora estes insetos não tenham sido abundantes no levantamento, a diversidade de espécies mostra a importância deste grupo de artrópodes como controladores naturais de vários insetos-praga. Outros grupos de insetos predadores estiveram presentes, e da mesma forma que os reduvídeos, não foram abundantes como verificado para os insetos praga. Entre estes predadores merecem destaque os aracnídeos (aranhas e escorpiões), as vespas do gênero *Polybia*, os besouros das famílias Carabidae e Staphylinidae, e as formigas que já foram mencionadas anteriormente (Tabela 1.1). Não obstante, os insetos predadores se mostraram diversos, no entanto, pesquisadores relatam que o impacto destes insetos é difícil de



ser avaliado no campo, pois dificilmente deixam sinais de ataque, principalmente quando se alimentam de toda a presa (Berti-Filho e Ciociola, 2002).

As aranhas, mesmo não sendo quantificadas em nosso estudo, têm sido mencionadas como potenciais organismos para serem utilizados como agentes de controle biológico em agroecossistemas (Greenstone e Sunderland, 1999; Fedearroz, 1995; Bastidas e Triana, 2001; Calixto, 2004). Estes organismos possuem características importantes devido sua presença constante e abundância, durante todas as fases de desenvolvimento de diversas culturas, principalmente em arroz (Aguilar, 1988; Pérez e Redolfi, 1998; Saavedra, 2004; Saavedra *et al.*, 2007; Heinrichs e Barrion, 2004).

Em áreas de arroz a diversidade de predadores, principalmente das aranhas, está estritamente associada à abundância dos insetos-pragas (Stimer e House, 1990; Didonet *et al.*, 2001). Além disso, a distribuição vertical e horizontal destes aracnídeos, propicia uma maior área de ação, pois eles podem ser encontrados entre as plantas de arroz, abrigados próximo ao solo ou vivendo entre as hastes da cultura (Sigsgaard *et al.*, 2001; Saavedra *et al.*, 2007).

No Brasil, poucos estudos foram publicados sobre a fauna de aranhas relacionada à cultura do arroz (Corseuil *et al.*, 1994; Didonet, *et al.*, 2001; Rodrigues *et al.*, 2008). Na América do Sul, pesquisas analisando aspectos relacionados ao controle natural de insetos por meio de aranhas já foram realizadas em lavouras de arroz na Colômbia (Bastidas *et al.*, 1993; 1994; Medina, 1994). Outros estudos foram realizados na América do Norte envolvendo guildas e elaboração de listas de espécies (Woods e Harrel, 1976; Young e Edwards, 1990). No entanto, a maioria das pesquisas com aranhas relacionadas à cultura foi feita na Ásia, tanto para se conhecer a composição de espécies quanto para a estrutura das guildas (Barrion 1999; Bambaradeniya e Edirisinghe, 2001; Bambaradeniya *et al.*, 2004; Patel *et al.*, 2004; Vijaykumar, 2004).

Além das aranhas, alguns pesquisadores expõem a importância dos besouros das famílias Carabidae e Staphylinidae e também insetos da Ordem Dermaptera (Família Forficulidae) que são predadores comumente associados ao solo de diversas culturas (Sotherton, 1984; Lövei e Sunderland, 1996). Os carabídeos são considerados os mais importantes, pois existem espécies que predominam em florestas, pastagens ou outros habitats, e devido à sua natureza predatória, muitas espécies destacam-se como agentes de controle biológico de pragas (Lövei e

Sunderland, 1996; Clark *et al.*, 1994; Menalled *et al.*, 1999). Em nosso estudo, foram encontrados exemplares de carabídeos (*Calosoma* sp.), estafilínídeos, e dermápteros mostrando que estes insetos podem ser utilizados como potenciais controladores de pragas agrícolas em arroz (Tabela 1.1).

Outros inimigos naturais que se destacam são os parasitoides, sendo estimadas cerca de 200 mil espécies de parasitoides distribuídas nas ordens Hymenoptera e Diptera. Bueno *et al.* (2012), relatam que os parasitoides de ovos destacam-se, pois tem como característica principal, eliminar a praga em seu primeiro estágio de desenvolvimento, antes mesmo de causarem qualquer injúria às plantas. Outro aspecto que faz dos parasitoides de ovos bons agentes de controle, é o fato deles alcançarem os ovos das pragas em todas as regiões da planta, diferentemente dos inseticidas, que muitas vezes não são eficientes por não atingirem as pragas protegidas no dossel da planta entre as folhas (Bueno *et al.*, 2012).

Foram coletados parasitoides de ovos da família Platygasteridae (Hymenoptera), parasitoides de lagartas da família Braconidae (Hymenoptera), e moscas parasitoides da família Tachinidae (Diptera). Entre os parasitoides de ovos, as espécies *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 e *Telenomus* sp. foram encontradas em posturas de *O. poecilus* (21 posturas em ambas as áreas), e as espécies *Trissolcus* sp., *Trissolcus urichi* Crawford, 1913, *Te. podisi* e *Telenomus* sp. encontradas em posturas de *Tibraca limbativentris* (155 posturas em área sem agroquímicos e 164 posturas em área com agroquímicos) (Tabela 1.1). Os Braconidae do gênero *Glyptapanteles* sp. foram encontrados apenas em lagartas de *M. trapeziata* e os taquinídeos emergiram apenas de lagartas de *M. latipes* (Lepidoptera) (Figura 1.11).

Parasitoides de ovos da família Platygasteridae foram relatados parasitando posturas de vários percevejos. *Telenomus podisi* já foi encontrado em ovos de *Edessa meditabunda* Fabricius, 1974 coletados em cultura de alface (Favetti *et al.*, 2013), e também em ovos de outros pentatomídeos em soja, como *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758), *Dichelops melacanthus* (Dallas, 1851), *Euschistus heros* (Fabricius, 1974), *Thyanta perditor* (Fabricius, 1794), *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1873), *Podisus connexivus* Bergroth, 1891 e *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Corrêa-Ferreira e Moscardi, 1995; Medeiros *et al.*, 1997ab; Pacheco e Corrêa-Ferreira, 2000; Godoy *et al.*, 2005). *Trissolcus urichi*, também foi registrado em ovos de *E. meditabunda* encontrados em alface, crotalária e soja, e também em posturas dos percevejos *E.*

*heros*, *P. guildini*, *P. nigrispinus*, *T. perditor* e *Acrosternum aseadum* Rolston 1983 coletadas em soja (Corrêa-Ferreira e Moscardi, 1995; Medeiros *et al.*, 1997a; Golin *et al.*, 2011).

A disponibilidade de informações em relação ao conhecimento e emprego dos parasitoides *Trissolcus* spp., *Telenomus* spp. sobre ovos de percevejos pragas do arroz é bastante escassa quando comparada com o registro destes organismos em posturas de insetos considerados pragas de outras culturas. No entanto, estudos com parasitoides de ovos em percevejos encontrados no arroz vem aumentando nos últimos anos.

O parasitismo em ovos de *T. limbiventris* foi primeiramente constatado por Maciel *et al.* (2007), em ovos coletados em lavouras de arroz no Maranhão. Estes autores encontraram as espécies *Oencyrtus submetallicus* (Howard) (Hymenoptera: Encyrtidae), *T. podisi* e *T. urichi*, sendo as duas últimas as mais frequentes e abundantes. *Telenomus podisi* e *T. urichi*, também foram registradas por Riffel *et al.* (2010) em Santa Catarina, na mesma cultura e hospedeiro. Recentemente, Idalgo *et al.* (2013) relataram somente a ocorrência de *Te. podisi* em ovos de *T. limbiventris* em lavouras de arroz no Rio Grande do Sul. Estes registros evidenciam os poucos estudos relatando o parasitismo em posturas do percevejo-do-colmo, e nosso estudo aumenta o registro dos parasitoides oófagos de *T. limbiventris* para o estado do Pará.

Mesmo com os relatos de *O. poecilus* sendo considerada como uma das principais pragas em várias localidades produtoras de arroz, são quase inexistentes as informações sobre os parasitoides de ovos ocorrendo nesta espécie. As únicas menções de parasitismo foram relatadas por Loíacono e Margaría (2002) com as espécies *Telenomus mormidae* Lima, 1935 e *Trissolcus mormideae* Lima, 1935 parasitando ovos de *O. poecilus* e *O. ypsilongriseus* no Paraná e Rio Grande do Sul, e Margaría *et al.* (2009), que relatam ovos de *O. poecilus* parasitados *Te. podisi*. Além desse relato, *Te. podisi* e *Trissolcus basalis* (Wollaston, 1858) foram encontrados em posturas de *Oebalus insularis* (Kulghast) em plantações de arroz no Panamá (Zachrisson e Martinez, 2011). Tillman (2010), relatou exclusivamente *Te. podisi* parasitando ovos de *Oebalus pugnax pugnax* (Fabricius, 1775) em plantações de milho na Georgia, EUA. Ferreira e Barrigossi (2004), ainda ressaltam a importância de se manter os parasitoides de ovos, informando que as espécies *Microphanurus*

*mormidae* Lima, 1935 e *Te. mormidea* são importantes agentes para o controle das diversas espécies de percevejos *Oebalus*.

Os parasitoides de ovos, em especial *Te. podisi*, são capazes de estabelecer-se como um dos principais agentes de controle biológico de percevejos pragas do arroz, pois são parasitoides generalistas (Medeiros *et al.*, 1997ab; Pacheco e Corrêa-Ferreira, 2000; Maruyama *et al.*, 2002; Godoy *et al.*, 2005; Maciel *et al.*, 2007; Riffel *et al.*, 2010; Golin *et al.*, 2011; Farias *et al.*, 2012a; Favetti *et al.*, 2013). Outrossim, é por vezes o parasitoide mais abundante encontrado em posturas de heterópteros (Medeiros *et al.*, 1997ab; Godoy *et al.*, 2005; Maciel *et al.*, 2007; Riffel *et al.*, 2010).

Estudos recentes mostraram moscas parasitoides da família Tachinidae parasitando adultos do percevejos-do-colmo, *T. limbativentris* durante a temporada de pousio da cultura do arroz irrigado no município de Eldorado do Sul, Estado do Rio Grande do Sul (Farias *et al.*, 2012b). Nesse trabalho, os autores encontraram duas espécies de Tachinidae, *Cylindromyia brasiliiana* (Townsend 1927) e *Phasia* (*Paraphoranthia*) sp., sendo o primeiro registro destas espécies parasitando *T. limbativentris* em condições naturais.

Em nosso levantamento, as pupas dos Tachinidae emergiram apenas em lagartas e pupas de *M. latipes*, no entanto, o registro desses parasitoides (himenópteros e dípteros) contribuem para o conhecimento dos inimigos naturais associados aos principais insetos-pragas do arroz de terras altas, e podem ser utilizados para o manejo integrado destes organismos em plantações orizícolas.

## Considerações Finais

O monitoramento de pragas em lavouras comerciais de arroz é um procedimento que, além de embasar a tomada de decisão sobre a adoção de medidas de controle, principalmente o uso de produtos fitossanitários, é aplicável a estudos direcionados à melhoria de sistemas de Manejo Integrado de Pragas (MIP). Os principais insetos encontrados em arroz de sequeiro da região sudoeste do Pará, condiz com o que já se conhece para outras regiões produtoras de arroz no Brasil, principalmente pelos padrões e flutuações populacionais observados para os lepidópteros e pentatomídeos pragas, que pelo menos na área sem aplicação de produtos fitossanitários, mostrou que as lagartas chegam na cultura antes dos percevejos (Figuras 1.12 e 1.13). Todavia, nosso estudo evidencia que muito ainda tem para se conhecer e estudar nas regiões produtoras de arroz brasileiras, sobretudo nas áreas consideradas novas fronteiras agrícolas, que estão surgindo principalmente na região norte do Brasil. A importância de estudos de levantamento em novas áreas produtoras dá pela possibilidade de novos registros de ocorrência de insetos com potencial importância econômica, como o pentatomídeo *Hypatropis inermis*, que foi coletado se alimentando dos colmos das plantas de arroz.

Além disso, os inventários podem propiciar a descoberta de novas espécies atuando sobre a cultura de arroz, como pode-se verificar para os parasitoides *Telenomus* sp. e *Trissolcus* sp. e predadores Pentatomidae, Asopinae, gênero nov., coletados em nosso levantamento, que possivelmente são espécies novas para a ciência.

O nosso levantamento foi realizado apenas em uma safra (2010/2011), e considerando que este tipo de estudo é essencial para a identificação de espécies, e também para a adoção de estratégias eficientes para o manejo da cultura, sugere-se que novos levantamentos sejam realizados ao longo de várias safras, pois assim poder-se-á determinar o comportamento das populações de insetos prejudiciais e benéficos nos diferentes anos agrícolas, nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura e também nas várias regiões produtoras de arroz no Brasil.

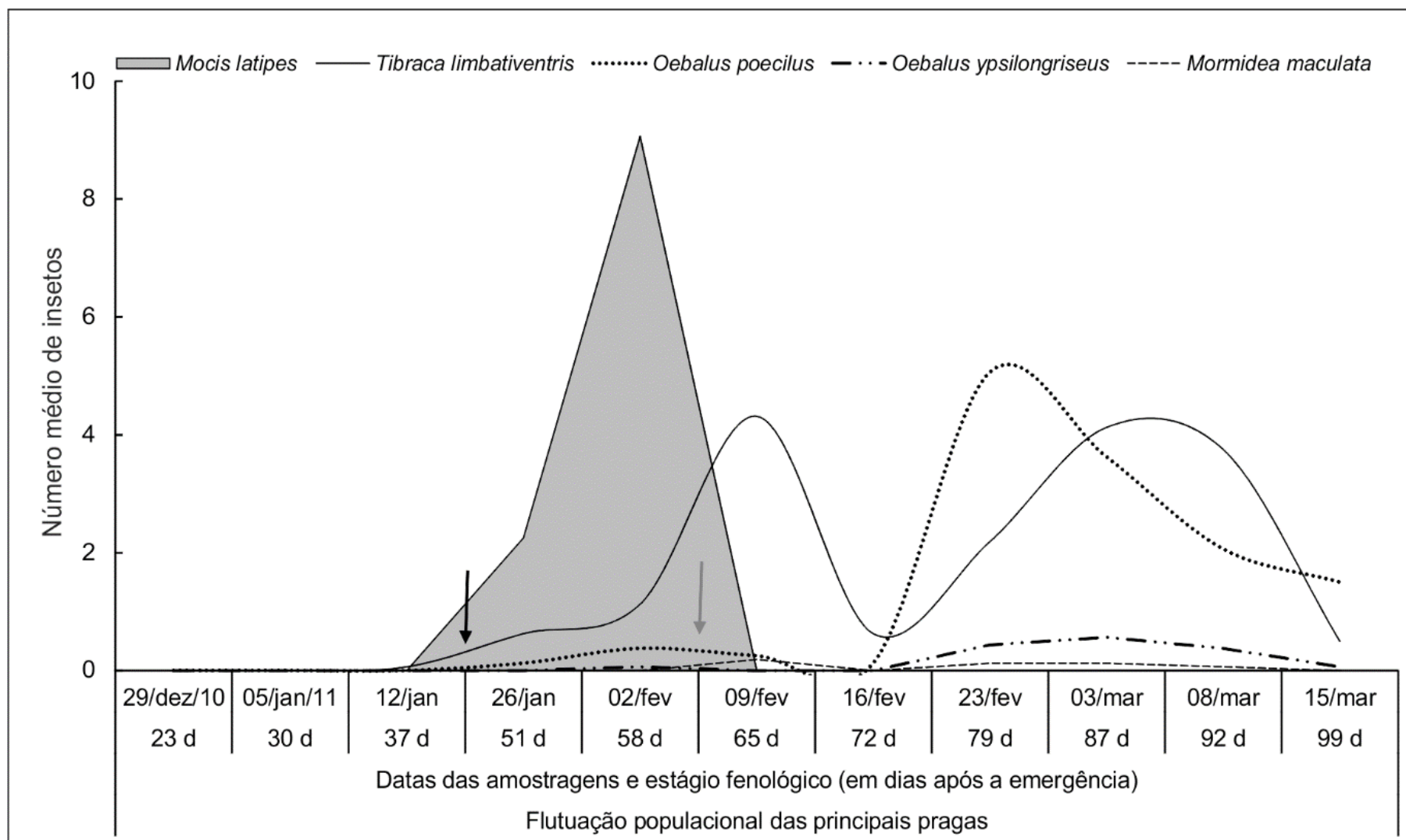


Figura 1.12. Flutuação populacional de lepidópteros e pentatomídeos em área de cultivo de arroz com aplicação de agroquímicos. Setas: datas das aplicações dos produtos fitossanitários. Amostragem por rede de varredura (Hemiptera) e pano de batida (Lepidoptera). Setas: datas das aplicações dos produtos fitossanitários (14/jan/2011: Ally+Herbadox+Pounce; e 5/fev/2011: Parathion+Odin+Priori). Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA, 2010-2011.

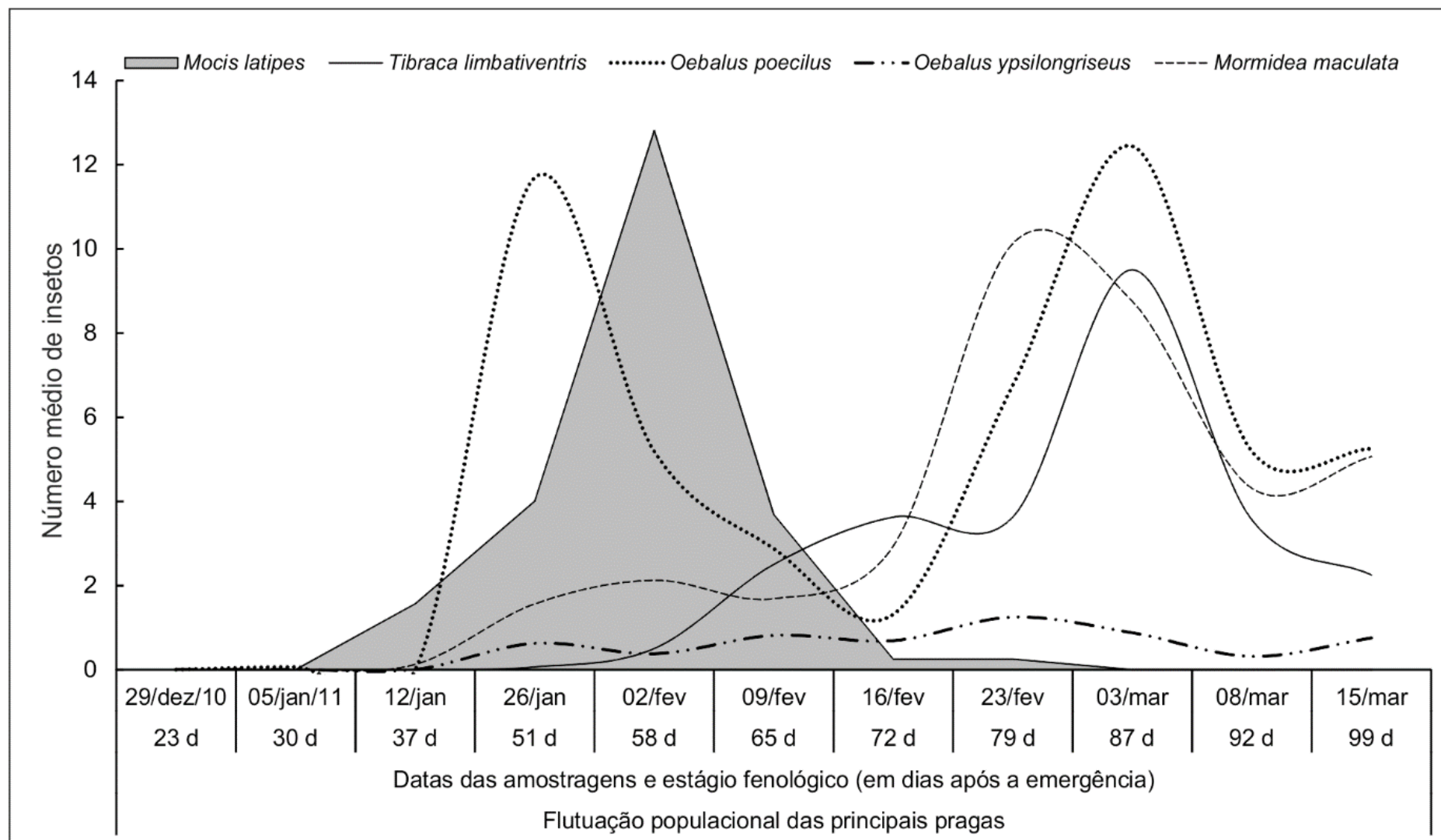


Figura 1.13. Flutuação populacional de lepidópteros e pentatomídeos em área de cultivo de arroz sem aplicação de agroquímicos. Amostragem por rede de varredura (Hemiptera) e pano de batida (Lepidoptera). Fazenda Florentino, Novo Progresso/PA, 2010-2011.

## Agradecimentos

O autor agradece ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR), pelo suporte logístico. Aos proprietários da Fazenda Florentino, Eurides Florentino (*in memorian*), Nadir de Limas Florentino (*in memorian*) e Marlete Florentino, por permitirem o desenvolvimento desta pesquisa em sua propriedade rural. Agradece aos taxonomistas de cada taxon pela identificação das espécies, Doutorando Janael Ricetti (Aranae – em identificação), Victor Becker (Lepidoptera: Cambridae e Noctuidae) Diego Rodrigo Dolibaina (Lepidoptera: Hesperiididae), Dra. Jocélia Grazia (Heteroptera: Pentatomidae), Dr. Hécio Reinaldo Gill Santana (Heteroptera: Reduviidae), Dr. José Antônio Marin Fernandes (Heteroptera: Coreidae - em identificação), Dra. Andressa Paladini (Homoptera: Cercopidae), Dr. Angélico Fortunato Asenjo Flores (Coleoptera: Staphylinidae – em identificação), Dr. Germano Henrique Rosado Neto (Coleoptera), Dr. Eduardo Mitio Shimbori (Hymenoptera: Braconidae), Dra. Helena Carolina Onody (Hymenoptera: Ichneumonidae), Daniel A. Aquino (Hymenoptera: Chalcididae - – em identificação), Dra. Cecilia B. Margaría e Dra. Marta S. Loíacono (Hymenoptera: Platygasteridae – em identificação), Dr. Bolívar Rafael Garcete Barrett (Hymenoptera: Vespidae), Dra. Kátia Matiotti (Orthoptera: Acrididae), Dr. Francisco de Assis Ganeio de Mello (Orthoptera: Gryllidae – em identificação) e Dnda. Juliana Chamorro Rengifo (Orthoptera: Tettigoniidae – em identificação). Agradece também, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por fornecer as bolsas de estudos durante esta pesquisa.

## Referências

- Adis, J. Eco-entomological observations from the Amazon: III. How do leafcutting ants of inundation forests survive flooding? *Acta Amazônica*, 12, v.7, p.839-840, 1982.
- Aguilar, P. Las arañas como controladoras de plagas insectiles en la agricultura peruana. *Revista Peruana de Entomología*, v.31, p.1-8, 1988
- Alonso, L.E.; Agosti, D. Biodiversity studies, monitoring, and ants: an overview. In: Agosti, D.; Majer, J.D.; Alonso, L.E.; Schultz, T.R. (Orgs.). *Ants: standard methods*



- for measuring and monitoring biodiversity. Washington: Smithsonian Institution Press. p.1-8, 2000.
- Azambuja, I.H.B.; Verneti-Junior, F.J.; Magalhães-Junior, A.M. Aspectos socioeconômicos da produção de arroz, p. 23-44. In: Gomes, A. S.; Magalhães-Júnior, A.M. (Eds.), Arroz irrigado no sul do Brasil. Embrapa, Brasília, (Informação Tecnológica), 899 p. 2004.
- Bambaradeniya, C.N.B.; Edirisinghe, J.P. The ecological role of spiders in the rice fields of Sri Lanka. *Biodiversity*, v.2, n.4, p.3-10, 2001.
- Bambaradeniya, C.N.B.; Edirisinghe, J.P.; Silva, D.N.; Gunatilleke, C.V.S; Ranawana, K.B.; Wijekoon, S. Biodiversity associated with an irrigated rice agro-ecosystem in Sri Lanka. *Biodiversity and Conservation* 13:1715-1753, 2004.
- Barata, T.S. Caracterização do consumo de arroz no Brasil: um estudo na Região Metropolitana de Porto Alegre. 93f. Dissertação (Mestrado) Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2005.
- Barbosa, F.R.; Oliveira, Z.J.; Moreira, W.A. Danos causados em arroz pela cigarrinha-das-pastagens (*Deois flavopicta* (Stål, 1854). Goiânia: EMGOPA, 5 p. (EMGOPA. Pesquisa em Andamento, 1). 1983.
- Barrigossi, J.A.F.; Lanna, C.A.; Ferreira, E. Agrotóxicos no Cultivo do Arroz no Brasil: análise do consumo e medidas para reduzir o impacto ambiental negativo. Embrapa. Santo Antônio de Goiás, (Circular Técnica 67), 2004. 8p.
- Barrion, A.T. Guild structure, diversity and relative abundance of spiders in selected non-rice habitats and irrigated rice fields in San Juan, Batangas, Philippines. *Philippine Entomologist*, v.13, n.2, p.129-157, 1999.
- Bastidas, H.; Pantoja, A.; Murillo, A.; Zuluaga, I. & Duque, M. C. Reconocimiento, fluctuación y pruebas de consumo de presas por arañas en cultivos de arroz, en el Valle del Cauca. *Revista Colombiana de Entomología*, v. 20, n.3, p.149-160. 1994.
- Bastidas, H.; Pantoja, A.; Zuluaga, I.; Murillo, A. Colombian ricefield spiders. *International Rice Research Notes*, v,18, n.2, p.32-33, 1993.
- Bastidas, H.; Triana, M. Las arañas depredadores de insectos fitófagos en el cultivo del arroz en Colombia. Primer seminario sobre manejo integrado de plagas

- agrícolas y pecuarias en los Llanos Orientales. Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen). Villavicencio, Octubre 19, p. 1-8., 2001.
- Batistella, M.; Miranda, E.; Lecoq, M.; Pierozzi-Junior, I. Integração de dados Georreferenciados no Mapeamento dos Biótopos do Gafanhoto Praga do Mato Grosso. Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Brasil. SP. 1- 3, 1996.
- Batistella, M; Miranda, E.; Lecoq, M.; Pierozzi-Junior, I. Integração de dados georreferenciados no mapeamento dos biótopos do gafanhoto praga do Mato Grosso. Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Brasil. SP. 1- 3. 1996.
- Begon, M.; Townsed, C. R.; Harper, J.L. Ecology: from individuals to ecosystems. 2nd Ed., Oxford Blackwell xii + 738 p, 2006.
- Bernardo, E.R.A.; Rocha, V.F.; Puga, O.; Silva, R.A. Espécies de cigarrinhas-das-pastagens (Hemiptera: Cercopidae) no meio-norte do Mato Grosso. Cienc. Rural, v.33, n.2, p. 369-371, 2003.
- Berti-Filho, E.; Ciociola, A.I. Parasitóides ou predadores? Vantagens e desvantagens. In: Parra, J.R.P.; Botelho, P.S.M.; Corrêa-Ferreira, B.S.; Bento, J.M.S. (eds). Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores. São Paulo, Manole. p.29-41, 2002.
- Bland, R.G. The Orthoptera of Michigan —Biology, Keys, and Descriptions of Grasshoppers, Katydid, and Crickets. Central Michigan University. Michigan, 2003.
- Boaretto, M.A.C.; Forti, L.C. Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. Série Técnica IPEF, v.11, p.31-46, 1997.
- Borges, M.; Birkett, M.; Aldrich, J.R.; Oliver, J.E.; Chiba, M.; Murata, Y.; Laumann, R.A.; Barrigossi, J.A.F.; Pickett, J.A.; Moraes, M.C.B. Sex attractant pheromone from the rice stalk stink bug, *Tibraca limbativentris* Stål. J. Chem. Ecol. v.32, p.2749-2761, 2006.
- Brechelt, A. O Manejo Ecológico de Pragas e Doenças. Santa Cruz do Sul, República Dominicana: Fundação Agricultura e Meio Ambiente (FAMA), Rede de Ação em Praguicidas e suas Alternativas para a América Latina (RAP-AL), 33 p. 2004.

- Bueno, A.F.; Sosa-Gómez, D.R.; Corrêa-Ferreira, B.S.; Moscardi, F.; Bueno, R.C.O.F. Inimigos naturais das pragas de soja. In: Soja, Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga: Hoffman-Campo, C.B., Corrêa-Ferreira, B.S., Moscardi, F. Embrapa Soja. Londrina-PR. 859p. 2012.
- Calixto, A. Diversidad y conservación de las arañas en agroecosistemas; el caso del nogal en Texas. Memorias XXXI congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Bogotá. p.67-72, 2004.
- Carbonell, C. S. *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906) especie prejudicial para la agricultura en la region centro oeste de Brasil (Orthoptera, Acrididae, Gomphocerinae). Boletim do Museu Nacional, Série Zoologia, v.318, p.1–17, 1988.
- Carbonell, C.; Cigliano, M.M.; Lange, C.E. Acridomorph species of Argentina and Uruguay. CD-ROM. Publications on Orthopteran Diversity, The Orthopterists Society at the “Museo de La Plata”, Argentina. 2006.
- Cherrett, J.M. The biology, pest status and control of leaf-cutting ants. Agricultural Zoology Reviews, v.1, p.1-27, 1986.
- Cherry, R.; Nuessly, G. Establishment of a new stink bug pest, *Oebalus insularis* (Hemiptera: Pentatomidae), in Florida rice. Florida Entomological. v.93, n. 2, p.291-293, 2010.
- Cigliano, M.M.; Wysiecki, M.L.; Lange, C.E. Grasshopper species diversity in the Pampas, Argentina. Diversity and Distributions, v.6, p.81–91, 2000.
- Clark, M.S.; Gage, S.H.; Spence, J.R. Habitats and management associated with common ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in a Michigan agricultural landscape. Environmental Entomology, v.26, n.3, p.519-527, 1997.
- Clark, M.S.; Luna, J.M.; Stone, N.D.; Youngman, R.R. Generalist predator consumption of armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) and effect of predator removal on damage in no-till corn. Environmental Entomology, v.23, p. 617-622, 1994.
- Copatti, C.E.; Marcon, R.K.; Machado, M.B. Avaliação de dano de *Sitophilus zeamais*, *Oryzaephilus surinamensis* e *Laemophloeus minutus* em grãos de arroz armazenados. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, n.8, p.855–860, 2013.

- Corrêa-Ferreira, B.S.; Moscardi, F. Seasonal occurrence and host spectrum of egg parasitoids associated with soybean stink bugs. *Biological Control*, v.5, p.196-202, 1995.
- Corseuil, E.; Brescovit, A.D.; Heineck, M.A. Aranhas associadas à cultura da soja em Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul. *Biociências*, v.2, n.1, p.95-105, 1994.
- Cosenza, G.W.; Andrade, R.P.; Gomes, D.T.; Rocha, C.M.C. Resistência de gramíneas forrageiras a cigarrinha-das-pastagens. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.24, n.8, p.961-968, 1989.
- Costa, E.C.; Link, D. Avaliação de inseticidas no controle de percevejos na Cultura do Arroz. *Lavoura Arrozeira*, v.45, p.21- 23, 1992b.
- Costa, E.C.; Link, D. Avaliação dos danos de *Tibraca limbativentris* Stål, 1860 (Hemiptera, Pentatomidae) em arroz irrigado. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v.21, p.187- 95, 1992a.
- Costa, E.C.; Link, D. Controle da lagarta da folha (*Spodoptera frugiperda*) na cultura do Arroz. *Lavoura Arrozeira*, v.45, p. 17- 19, 1992c.
- Degrande, P.E.; Reis, P.R.; Carvalho, G.A.; Belarmino. L.C. Metodologia para avaliar o impacto de pesticidas sobre inimigos naturais. p. 75-81 In: Parra, J.R.P.; Botelho, P.S.M. Corrêa-Ferreira, B.S.; Bento, J.M.S. (eds.). *Controle Biológico no Brasil: Parasitoides e predadores*. Manole, São Paulo. 635 p. 2002.
- Delabie, J.H.C.; Agosti, D.; Nascimento, I.C. Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region. In: Agosti, D.; Majer, J.D.; Alonso, L.; Schultz, T. (eds.), *Sampling ground-dwelling ants: case studies from the world's rain forests*. Bulletin 18. Curtin University School of Environmental Biology, Perth, Australia, p.117, 2000.
- Della-Lucia, T.M.C.; Marinho, C.G.S.; Ribeiro, M.M.R. Perspectivas no manejo de formigas-cortadeiras. In: Vilela, E.F.; Santos, I.A.; Schoereder, J.H.; Serrão, J.E.; Campos, L.A.O.; Lino-Neto, J. (eds) *Insetos sociais*. 1. ed. Viçosa: UFV, p. 370-380, 2008.
- Della-Lucia, T.M.C.; Souza, D.J. Importância e história de vida das formigas-cortadeiras. In: Della-Lucia, T.M.C. (ed), *Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo*. Viçosa: UFV, p. 14-26, 2011.

- Díaz, M. Spatial patterns of granivores and nest abundance and nest site selection in agricultural landscapes of Central Spain. *Insectes Sociaux*, v.38, n.3, p.351-63, 1991.
- Didonet, J.; Didonet, A.P.P.; Erasmo, E.L.; Santos, G.R. Incidência e densidade populacional de pragas e inimigos naturais em arroz de terras altas, em Gurupi-TO. *Bioscience Journal*, v. 17, n. 1, p 67-76, 2001.
- Enríquez, G.C. Atlas agropecuario de Costa Rica. EUNED, 1994, 513 p.
- Farias, P.M.; Klein, J.T.; Sant'Ana, J.; Redaelli, L.R.; Grazia, J. First records of *Glypheidomyia adroguensis* (Hemiptera, Pentatomidae) and its parasitoid, *Telenomus podisi* (Hymenoptera, Platygasteridae), on irrigated rice fields in Rio Grande do Sul, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, v.56, n.3, p.383–384, 2012a.
- Farias, P.M.; Sant'ana, J.; Redaelli, L.R.; Nihei, S.S. Tachinid Flies Associated with *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae). *Florida Entomologist*, v.95, n.1, p.221-223, 2012b.
- Favetti, B.M.; Krinski, D.; Butnariu, A.R.; Loiacono, M.S. Egg parasitoids of *Edessa meditabunda* (Fabricius) (Pentatomidae) in lettuce crop. *Revista Brasileira de Entomologia*, v.57, n.2, p. 236-237, 2013.
- Fedearroz. Las arañas reguladoras de poblaciones de varios insectos. Un paso adelante en Investigación y Transferencia de Tecnología. Santa fe de Bogotá. 96-105, 1995.
- Fernandes, W.D.; Oliveira, P.S.; Carvalho, S.L.; Habib, M.E.M. *Pheidole* ants as potential biological control agents of the boll weevil, *Anthonomus grandis* (Col., Curculionidae), in Southeast Brazil. *Journal of Applied Entomology*, v.118. p.437–441, 1994.
- Ferreira, C.M.; Del Vilar, P.M. Aspectos da produção e do mercado de arroz. *Informe Agropecuário*, v.25, p.11-18, 2004.
- Ferreira, E. Pragas e seu controle. In: Vieira, N.R.A.; Santos, A.B.; Sant'Ana, E.P. (eds.). *A cultura do arroz no Brasil*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 633 p.

- Ferreira, E.; Barrigossi, J.A.F. Reconhecimento e controle dos principais percevejos *Oebalus* spp. que atacam as panículas de arroz. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 76), 6p. 2004.
- Ferreira, E.; Barrigossi, J.A.F.; Castro, E.M. Homópteros associados ao arroz. Embrapa Arroz e Feijão. (Documentos 152), 44p., 2003.
- Ferreira, E.; Barrigossi, J.A.F.; Vieira, N.R.A. Percevejo das panículas do arroz: fauna Heteroptera associada ao arroz. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 43), 27p, 2001.
- Ferreira, E.; Martins, J.F.S. Insetos prejudiciais às panículas do arroz de sequeiro. Comunicado Técnico, 18. Goiânia, Embrapa Arroz e Feijão, 5 p. 1985.
- Folgarait, P.F. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem function: a review. *Biodiversity and Conservation*, v.7, p.1221-1244, 1998.
- Fontes, L.S.; Almeida-Filho, A.J.; Arthur, V. Danos causados por *Sitophilus oryzae* (Linné, 1763) e *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) em cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.). *Arquivos do Instituto Biológico*, v.70, p.303-307, 2003.
- Fowler, H.G.; Forti, L.C.; Brandão, C.R.F.; Delabie, J.H.C.; Vasconcelos, H.L. Ecologia nutricional de formigas. In: Panizzi, A.R.; Parra, R.P. (orgs.). *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. São Paulo: Manole. p.131-223, 1991.
- Franqui, R.A. Bionomics of Stinks Bugs affecting rice fields in Puerto Rico. Puerto Rico. Thesis (Magister Scientiae). University of Puerto Rico, Mayaguez. 59 p. 1987.
- Fritz, L.L.; Heinrichs, E.A.; Pandolfo, M.; Salles, S.M.; Oliveira, J.V.; Fiuza, L.M. Agroecossistemas orizícolas irrigados: insetos-praga, inimigos naturais e manejo integrado. *Oecologia Brasiliensis*, v.12, n.4, p.720-732, 2008.
- Gallo, D.; Nakano, O.; Silveira Neto, S.; Carvalho, R. P. L.; Baptista, G. C. de; Berti Filho, E.; Parra, J. R. P.; Zucchi, R. A.; Alves, S. B.; Vendramim, J. D.; MARCHINI, L. C.; Lopes, J. R. S.; Omoto, C. *Entomologia agrícola*. Piracicaba: FEALQ, 920 p. 2002.

- Gallo, D.; Nakano, O.; Silveira Neto, S.; Carvalho, R.P.L.; Baptista, G.C.; Berti-Filho, E.; Parra, J.R.P.; Zucchi, R.A.; Alves, S.B.; Vendramim, J.D. Manual de entomologia agrícola. 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 649 p. 1988.
- Garcia F.R.B.; Lutinski, J.A.; Lutinski, C.L. Biodiversidade da Floresta Nacional de Chapecó. Baraúna, São Paulo. 2011.
- Genung, W.G.; Snyder, G.H.; Green-Junior, V.E. Rice field insects in the Everglades. Belle Glade Res. Rep. EV-1979-7. Univ. of Florida, Gainesville. 1979.
- Glass, V. Cerco aos gafanhotos. Tecnologia. Globo Rural, São Paulo. 2001.
- Godoy, K.B.; Galli, J.C.; Ávila, C.J. Parasitismo em ovos de percevejos da soja *Euschistus heros* (Fabricius) e *Piezodorus guildinii* (Westwood) (Hemiptera: Pentatomidae) em São Gabriel do Oeste, MS. Ciência Rural, v.35, p.455–458, 2005.
- Golin, V.; Loiacono, M.S.; Margaría, C.B.; Aquino, D.A. Natural incidence of egg parasitoids of *Edessa meditabunda* (F) (Hemiptera: Pentatomidae) on *Crotalaria spectabilis* Roth in Campo Novo do Parecis, MT, Brazil. Neotropical Entomology, v.40, p.617–618, 2011.
- Grecco, M.M. Aspectos da estrutura e organização dos formigueiros de *Camponotus* (*Tanaemyrmex*) sp., em Uruguaiana, RS. Uruguaiana - RS, 1994. Dissertação (Graduação em Biologia) - Curso de Biologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - Campus II.
- Greenstone, M.H.; Sunderland, K.D. Why a symposium on spiders in agroecosystems now? The Journal of Arachnology, v.27, p.267-269, 1999.
- Gryllenberg, G.; Rosengren, R. The oxygen consumption of submerged *Formica* queens (Hymenoptera, Formicidae) as related to habitat and hydrochoric transport. Annales Entomologici Fennici, v.50, n.3), p.76-80, 1984.
- Guedes, J.V.C.; Costa, E.C.; França, J.A.S.; Link, D. Artrópodes associados à cultura do arroz irrigado. I. Ordens. In: Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 18., 1989, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: IRGA, 1989, p. 379-388.
- Guerra, W.D. *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906) y otros acridoideos de importância econômica em Brasil, p. 19–32. In: I Curso Internacional sobre

- Ecologia, manejo y control de langosta voladora. Ciudad Victoria, Dinámica Impresa, 232 p. 2001.
- Gullan, P.J.; Cranston, P.S. Os insetos: um resumo de entomologia. 3. ed. São Paulo: Roca, 440 p. 2007.
- Heinrichs, E.A.; Barrion, A.T. Rice-feeding insects and selected natural enemies in west Africar: biology, ecology, identification. Los Baños (Philippines): International Rice Reserarah Institut and Abidjan (Côte. d' Ivoire): Ward- The Africa Rice Center, 2004. 242 p.
- Hewitt, G.B. Grazing management as a means of regulating spittlebug (Homoptera: Cercopidae) numbers in Central Brazil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.23, n.7, p.697-707, 1988.
- Hewitt, G.B. Ovipositional preferences of the spittlebug *Zulia entreriana* (Berg, 1879) and *Deois flavopicta* (Stål, 1854) (Homoptera: Cercopidae). Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, v.14, n.2, p.197-204, 1985.
- Hickell, E.R. South American rice water weevil, *Oryzophagus oryzae*, and other water weevils population dynamics in irrigated rice. Revista de Ciências Agroveterinárias, v.12, n.3, p.247-254, 2013
- Hölldobler, B.; Wilson, E.O. The ants. 1. ed. Massachusetts: Belknap Press of Harvard University. 1990. 732p.
- Idalgo, T.D.N.; Sant'Ana, J.; Redaelli, L.R.; Pires, P.D.S. Egg parasitism of *Tibraca limbativentris* Stål (Hemiptera: Pentatomidae) in irrigated rice crops, Eldorado do Sul, RS. Arq. Inst. Biol., v.80, n.4, p. 453-456, 2013.
- Irga. 2009. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br> (acessado em Janeiro de 2014).
- Irri. 2006. Rice Today, Metro Manilla, Philippines, 30 p.
- Jones, D.B.; Cherry, R.H. Species composition and seasonal abundance of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in southern Florida rice. Journal of Economic Entomology, v.79, p.1226-1229, 1986.



- King, A.B.S.; Saunders, J.L. The Invertebrate Pests of Annual Food Crops in Central America: A Guide to Their Recognition and Control. Bib. Orton IICA / CATIE, 1984, 166 p.
- Kirk K., Bomar C.R. Guide to the grasshoppers of Wisconsin. Bureau of Integrated Science Services, Wisconsin Department of Natural Resources, Madison, WI. 154 p. 2005.
- Klein, J.T.; Redaelli, L.R.; Barcellos, A. *Andropogon bicornis* (Poales, Poaceae): A Hibernation Site for Pentatomoidea (Hemiptera: Heteroptera) in a Rice-Growing Region of Southern Brazil. Neotropical Entomology, v.42, p.240–245, 2013.
- Lecoq, M. Gafanhotos do Brasil. Natureza do Problema e Bibliografia. Montpellier, France: Embrapa/Nma, Cirad/Prifas, 157 p. 1991.
- Litsinger, J.A.; Alviola I.I.I., A.L. & Canapi, B.L. (1986). Effects of flooding on insect pest and spiders in a rainfed rice environment. International Rice Research Institute, 11(5):24-25.
- Loeck, A.E.; Garcia, M.S.; Gusmão, L.G. Ocorrência da formiga preta *Camponotus* (*Tanaemyrmex*) sp. em pastagens da zona sul do estado do Rio Grande do Sul. In: International Symposium on Pest Ants. XI. Belo Horizonte, MG. Resumos... Belo Horizonte. 1993.
- Loiacono, M.S.; Margaria, C.B. Ceraphronoidea, Platygastroidea and Proctotrupoidea from Brazil (Hymenoptera). Neotropical Entomology, v.31, n.4, p. 551-560, 2002.
- Loureiro, E.S.; Monteiro, A.C. Patogenicidade de isolados de três fungos entomopatogênicos a soldados de *Atta sexdens sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae). Revista Árvore, v.29, n.4, p. 553-561, 2005.
- Lövei, G.L.; Sunderland, K.D. Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). Annu. Rev. Entomol., v.41, p. 231-256, 1996.
- Lutinski, C.J. Análise faunística e flutuação populacional de gafanhotos (Orthoptera, Acridoidea) na Floresta Nacional de Chapecó, SC. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Comunitária Regional de Chapecó, Fundo de Apoio a Pesquisa da Unochapecó, 88p. 2008.

- Lutinski, J.A.; Garcia, F.R.M. Análise faunística de Formicidae (Hymenoptera: Apocrita) em ecossistema degradado no município de Chapecó, Santa Catarina. *Biotemas*, v.2, n.8, p.73-86. 2005.
- Machado, R.C.M.; Garcia, F.R.M. Levantamento de pragas e inimigos naturais ocorrentes em lavoura de arroz no município de Cachoeirinha, Rio Grande do Sul. *Revista de Ciências Ambientais*, v.4, n.2, p. 57-68, 2010.
- Maciel, A.A.S.; Lemos, R.N.S.; Souza, J.R.; Costa, V.A.; Barrigossi, J.A.F.; Chagas, E.F. Parasitismo de ovos de *Tibraca limbativentris* Stål (Hemiptera: Pentatomidae) na cultura do arroz no Maranhão. *Neotropical Entomology*, v.36, n.4, p.616-618, 2007.
- Maes, J.M.; Tellez-Robledo, J. Catalogo de los insectos y artropodos terrestres asociados a las principales plantas de importância econômica em Nicaragua. *Rev. Nica. Ent*, v.5, p.1-95, 1988.
- Majer, J.D.; Delabie, J.H.C. Comparison of the ant communities of annually inundated and terra firme forests at Trombetas in the Brazilian Amazon. *Insectes Sociaux*, v.41, n.3, p.343-59, 1994.
- Margaría, C.B.; Loíacono, M.S.; Lanteri, A.A. New geographic and host Records for scelionid wasps (Hymenoptera: Scelionidae) parasitoids of insect Pests in South America. *Zootaxa*, v.2314, p.41–49, 2009.
- Martins, J.F.S.; Barrigossi, J.A.F.; Oliveira, J.V.; Cunha, U.S. Situação do manejo integrado de insetos-praga na cultura do arroz no Brasil. Documentos, 290. Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 40 p. 2009.
- Martins, J.F.S.; Afonso, A.P.S. Importância Econômica de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) como Praga do Arroz no Brasil. EMBRAPA. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 31p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 213).
- Martins, J.F.S.; Botton, M. Controle de insetos da cultura do arroz irrigado, p.277-304. In Peske, S.T.I.; Nedel, J.L.; Barros, A.C.S.A. (eds.), Produção de arroz irrigado. Pelotas, UFPel, 665p. 1996.

- Martins, J.F.S.; Ferreira, E.; Pinheiro, B.S. Simulação do dano causado por lagarta-da-folha ao arroz de sequeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.17, n.8, p.1113-1119, 1982.
- Martins, J.F.S.; Oliveira, J.V.; Valente, L.A. Informações preliminares sobre a situação de insetos na cultura do arroz irrigado, no Rio Grande do Sul. In: *Reunião da Cultura do Arroz Irrigado*, 17, Pelotas - RS, 1988. *Anais...* Pelotas: EMBRAPA/CPATB. p. 215- 223. 1988.
- Maruyama, W.I.; Pinto, A.S.; Gravena, S. Parasitóides de ovos de percevejos (Hemiptera: Heteroptera) em plantas daninhas. *Revista Ceres*, v.49, p.453-459, 2002.
- Medeiros, M.A.; Loiacono, M.S.; Borges, M.; Schmidt, F.V.G. Incidência natural de parasitóides em ovos de percevejos (Hemiptera: Pentatomidae) encontrados na soja no Distrito Federal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.33, p.431–435, 1997a.
- Medeiros, M.A.; Schmidt, F.V.G.; Loiacono, M.S.; Carvalho, V.F.; Borges, M. Parasitismo e predação em ovos de *Euschistus heros* (Fab.) (Heteroptera: Pentatomidae) no Distrito Federal, Brasil. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v.26, p.397–401, 1997b.
- Medina, A.C. Las arañas: controladores naturales de insectos em el cultivo de arroz em Norte de Santander. *Revista Colombiana de Entomologia*, v.20, n.3, p.179-186, 1994.
- Medina, C.A. Hormigas depredadoras de huevos de salivazo de los pastos *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae) en pasturas DE Brachiaria, en los llanos orientales de Colombia. *Bol. Mus. Ent. Univ. Valle*, v.3, n,1, p.1-13, 1995.
- Medina, C.A.; Lapointe, S.L.; Chacón, P. Fauna de hormigas asociadas con forrajes tropicales y su implicación como depredadoras de huevos y ninfas del salivazo de los pastos, *Aeneolamia* spp. *Revista Colombiana de Entomologia*, v.19, p.143-150, 1993.
- Menalled, F.D.; Lee J.C.; Landis, D.A. Manipulating carabid beetles abundance prey removal rates in corn fields. *BioControl*, v.43, n.4, p.441-456, 1999.

- Moraes A.B.; Diehl, E. Ant communities in two cycles of an irrigated rice cultivation in the coastal plain of Rio Grande do Sul, Brazil. *Bioikos*, v.23, n.1, p.29-37, 2009.
- Morais, H.C.; Benson, W.W. Recolonização da vegetação de cerrado após queimadas, por formigas arborícolas. *Revista Brasileira de Biologia*, v.48, n.4, p.459-66, 1988.
- Neves, M.B.; Martins, J.F.S.; Grützmacher, A.D.; Lima, C.A.B.; Büttow, G.T. Profundidade da amostragem de solo e de raízes e índice de infestação de *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936) (Coleoptera: Curculionidae) em cultivares de arroz. *Ciência Rural*, v.41, n.12, p.2039-2044, 2011.
- Nilakhe, S.S. Ecological observations on spittlebugs with emphasis on their occurrence in rice. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.20, n.4, p.407-414, 1985.
- Pacheco, D.J.P.; Corrêa-Ferreira, B.S. Parasitismo de *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae) em populações de percevejos pragas da soja. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v. 29, n.2, p.295–302, 2000.
- Pantoja, A.; Fischer, A.; Correa-Victoria, F.; Sanint, L.R.; Ramírez, A. MIP en arroz: Manejo integrado de plagas; artrópodos, enfermedades y malezas. *Cento Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)*, 1997, 141 p.
- Patel, M.L.; Patel, K.G.; Desai, H.R. Spider fauna of rice of South Gujarat. *Insect Environment*, v.10, n.3, p.119-121, 2004.
- Pérez, D.; Redolfi, I. Las arañas (Arachnida: Araneae) como controladores biológicos en camote (*Ipomoea batata* Lam.) cultivado en la costa central del Perú. *Ecología, Revista de la Asociación Peruana de Ecología*, v.1, n.1, p.59-64, 1998.
- Perfecto, I.; Snelling, R. Biodiversity and the transformation of the tropical agroecosystem: ants in coffee plantations. *Ecology Application*, v.5, n.9, p.1084-97, 1995.
- Petroski, R.J.; Stanley, D.W. Natural Compounds for Pest and Weed Control. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.57, p.8171–8179, 2009.
- Possebon, S.B.; Guedes, J.V.C.G.; Costa, E.C.; Prá, E.D.; Cagliari, D.; Fiorentini, A. Distribuição sazonal de adultos de *Ochetina uniformis* (Pascoe, 1881) em área de arroz irrigado. *Semina: Ciências Agrárias*, v.34, n.1, p.179-186, 2013.

- Pugliese, A.; Terra, J. G. Uma nova praga na lavoura de arroz. *Lavoura Arrozeira*, v.11, n.121, p.1-9, 1957.
- Quiroz-Robledo, L.N.; Valenzuela-González, J. Distribution of poneromorph ants (Hymenoptera: Formicidae) in the Mexican State of Morelos. *Florida Entomologist*, v.90, p.609-615, 2007.
- Radford, B.J.; Key, A.J.; Robertson, L.N.; Thomas, G.A. Conservation tillage increases soil water storage, soil animal populations, grain yield, and response to fertilizer in the semi-arid tropics. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.35, n.2, p.223-32, 1995.
- Rézio, D.S.; Ferreira, E.; Vieira, N.R.A. Avaliação de perdas causadas por *Oebalus* spp. (Hemiptera: Pentatomidae) em arroz de terras altas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.32, p.39-45, 2002.
- Riffel, C.T.; Prando, H.F.; Boff, M.I.C. Primeiro relato de ocorrência de *Telenomus podisi* (Ashmead) e *Trissolcus urichi* (Crawford) (Hymenoptera: *Scelionidae*) como parasitoides de ovos do percevejo-do-colmo-do-arroz, *Tibraca limbativentris* (Stål) (Hemiptera: *Pentatomidae*), em Santa Catarina. *Neotropical Entomology*, v.39, n.3, p.447-448, 2010.
- Rodrigues, E.N.L.; Mendonça-Junior, M.S.; Ott, R. Fauna de aranhas (Arachnida, Araneae) em diferentes estágios do cultivo de arroz irrigado em Cachoeirinha, RS, Brasil. *Iheringa, Série Zoologia*, v.98, n.3, p.362-371, 2008.
- Rossetto, C.J.; Martins, J.F.S.; Schmidt, N.C.; Azzini, L.E. Danos causados por cigarrinhas de pastagens (*Deois flavopicta* e *D. schach*) em arroz. *Bragantia*, v.37, p.15-17, 1978.
- Saavedra E.C.; Flórez, E. D.; Fernández, C.H.. Capacidad de depredación y comportamiento de *Alpaida veniliae* (Araneae: Araneidae) en el cultivo de arroz. *Revista Colombiana de Entomología*, v.33, n.1, p.74-76, 2007.
- Saavedra, E. Abundancia de insectos en arroz, pp. 183-184. In: Robayo V.G. (ed.). *Arrocero Moderno: con el Mejor Entorno Ambiental*. 2. ed. Comunicaciones y Asociados, Bogotá, Colombia. 244 p. 2004.

- Sakazaki, R.T.; Alves, J.M.A.; Lopes, G.N.. Rice Flooded in Roraima State (Brazil). *Agro@mbiente On-line*, v.2, p.69-76, 2008.
- Saunders, J.L.; Coto, D.T.; King, A.B.S. Plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. CATIE, 1998 - 305 p.
- Shang, H.W.; Stout, M.J.; Zhang, Z.T.; Cheng, J.A. Rice water weevil (Coleoptera: Curculionidae) population dynamics in Louisiana. *Journal of Entomological Science*, v.39, p.623-642, 2004.
- Sigsgaard, L.; Toft, S.; Villareal, S. Diet-Dependent survival, development and fecundity of the spider *Atypena formosana* (Araneae: Linyphiidae) – Implications for biological control in rice. *Biocontrol Science and Technology*, v.11, p.233-244, 2001.
- Silva, C.C.A.; Cordeiro, D.M.; Laumann, R.; Moraes, M.C.B.; Barrigossi, J.A.F.; Borges, M. Ciclo de vida e metodologia de criação de *Tibraca limbativentris* Stål, 1860 (Heteroptera: Pentatomidae) para estudos de ecologia química. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 78. 2004.
- Silva, C.M.K.; Amaral-Filho, B.F.; Lima, C.C.; Cônsou, F.L. Observações biológicas do estágio de ovo e adulto de *Mormidea notulifera* Stål, 1960 (Heteroptera, Pentatomidae). *Bioikos*, v.4, n.1, p.7-12, 1990.
- Silva, F.F.; Martins, J.F.S.; Barrigossi, J.A.F.; Meus, N.C.; Ramão, C.J.; Lorentz, L.H. Monitoramento de *Tibraca limbativentris* Stål, 1860 (Hemiptera: pentatomidae) em arrozais do Planalto da Campanha do Rio Grande do Sul.(Embrapa Clima Temperado. Circular técnica, 132). 2012, 8 p.
- Silva, R.R.; Brandão, C.R.F. Formigas (Hymenoptera, Formicidae) como indicadoras da qualidade ambiental e da biodiversidade de outros invertebrados terrestres. *Biotemas*, v.12, n.2, p.55-73, 1999.
- Silvestre, R. 2000. Estrutura de comunidades de formigas do Cerrado. Tese (Doutorado em Ciências – Entomologia). Universidade de São Paulo/Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto. 2000. 216 p.
- Simas, V.R.; Costa, E.C.; Simas, C.A. Etologic aspects of *Camponotus punctulatus* Mayr, 1868 (Hymenoptera: Formicidae). *Revista de FZVA*, v.4, n.1, p.1-9. 1997.

- Smiderle, O.J.; Santos Filho, B.G.; Santos, D.S.B.; Loeck, A.E; Silva, J.B. Qualidade física e fisiológica de sementes de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) submetidas ao ataque de *Rhizopertha dominica* Fabricius e *Sitophilus* sp. durante o armazenamento. Revista Brasileira de Sementes, v.19, n.1, p.1-8, 1997.
- Sosbai. Arroz Irrigado: recomendações da pesquisa para o Sul do Brasil. Santa Maria: Sosbai, 159p. 2005.
- Sotherton, N.W. The distribution and abundance of predatory arthropods overwintering on farmland. Ann. Appl. Biol., v.105, n.3, p.423- 429, 1984.
- Sousa, J.R.; Barrigossi, J.A.F.; Boiça-Júnior, A.L.; Gonçalves, K.K.M.; Torres, E.R.S.; Mondego, J.M. Avaliação de resistência em variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) ao ataque do *Sitophilus oryzae* Linnaeus, 1763 (Coleoptera: Curculionidae). Nucleus, v.7, n.1, p. 259-265, 2010.
- Souza, A.R.R.; Nilakhe, S.S. Avaliação de danos e controle químico das cigarrinhas-das-pastagens em culturas de arroz. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, v.14, n.2, p.177-188, 1985.
- Stimer, B.R.; House, G.J. Arthropods and other invertebrates in conservation tillage agriculture. Annual Review of Entomology, v.35, p.299-318, 1990.
- Tillman, P.G. Parasitism and Predation of Stink Bug (Heteroptera: pentatomidae) Eggs in Georgia Corn Fields. Environ. Entomol., v.39, n.4, p.1184-1194, 2010.
- Tindall, K.V.; Bernhardt, J.L.; Stout, M.J.; Beighley, D.H. Effect of depth of flooding on the rice water weevil, *Lissorhoptrus oryzophilus*, and yield of rice. Journal of Insect Science, v.13, p.1-9, 2013.
- Torrusio, S.; Cigliano, M.M.; Wisiecki, M.L. Grasshopper (Orthoptera: Acridoidea) and plants community relationships in the argentine Pampas. Journal of Biogeography, v.29, p.221-229. 2002.
- Uetz, G.W.; Van der Laan, K.L.; Summers, G.F; Gibson, P.A.K.; Getz, L.L. The effect of flooding on floodplain arthropod distribution, abundance and community structure. The American Midland Naturalist, v.101, n.2, p.286-99, 1979.

- Vijaykumar, P.B.V. Spider fauna of paddy ecosystem in selected areas of Tungabhadra Project in Karnataka. *Journal of Agricultural Sciences*, v.17, n.3, p.584-585, 2004.
- Way, M.J.; Islam, Z.; Heong, K.L.; Joshi, R.C. Ants in tropical irrigated rice: distribution and abundance, especially of *Solenopsis geminata* (Hymenoptera: Formicidae). *Bulletin of Entomological Research*, v.88, n.4, p.467-76, 1998.
- Way, M.J.; Khoo, K.C. Role of ants in pest management. *Annual Review of Entomology*, v.37, n.4, p.479-503, 1992.
- Wild, A.L. Taxonomic revision of the ant genus *Linepithema* (Hymenoptera: Formicidae). *University of California publications in entomology*, v.126. 151p. 2007.
- Wilson, M.R.; Claridge, M.F. Handbook for the identification of leafhoppers and plalnthoppers of rice. London: International Institute of Entomology, 1991. 142 p.
- Woods, M.W.; Harrel, R.C. Spider populations of a southeast Texas rice fields. *Southwestern Naturalist*, v.21, p.37-48, 1976.
- Young, O.P.; Edwards, G.B. Spiders in United States field crops and their potential effect on crop pests. *The Journal of Arachnology*, v.18, n.1, p.1-27, 1990.
- Zachrisson, B.; Martinez, O. Bioecología de *Telenomus podisi* (Ashmead) y *Trissolcus basalis* (Wollaston) (Himenoptera: Scelionidae), parasitoides óofagos de *Oebalus insularis* (Kulghast) (Heteroptera: Pentatomidae). *Tecnociencia*, v.13, n.1, p.65-76, 2011.
- Zucchi, R.A.; Silveira-Neto, S.; Nakano, O. Guia de identificação de pragas agrícolas. Piracicaba: FEALQ, 1993. 139p.



## Capítulo 2

### ***Hypatropis inermis* (Hemiptera, Pentatomidae): first report in rice crop\***

Diones Krinski

\*Submetido à Revista Brasileira de Entomologia  
(Normas e instruções aos autores em anexo – página 253)

*“Science is a collaborative enterprise, spanning the generations. When it permits us to see the far side of some new horizon, we remember those who prepared the way – seeing for them also”.*  
(Carl Sagan)

***Hypatropis inermis* (Hemiptera, Pentatomidae): first report in rice crop**

Diones Krinski<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Departamento de Zoologia, Laboratório de Controle Integrado de Insetos, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Caixa Postal 19020, 81531-980, Curitiba, PR – Brazil.

<sup>2</sup>Email: diones.krinski@ufpr.br

**Abstract**

This study reports for the first time the occurrence of *Hypatropis inermis* in crops of upland rice cultivar Cambará, municipality of Novo Progresso, Pará State (7°07'45.71"S 55°23'21.13"W), Brazil. The survey of insect pests was conducted between November/2010 and March/2011 with entomological net and random search in stems of rice plants. This record indicates that rice crops may represent important feeding and breeding sites of this species..

**Keywords:** small rice stink bug, insect pest, Amazon forest, integrated pest management, Novo Progresso/PA.

Stink bugs of the genus *Hypatropis* Bergroth, 1981 are widely distributed and is found in Central and South America (Fernandes and Grazia 1996; Grazia and Schwertner 2008). The genus is related to the genera *Glyphepomis* Berg, *Mecocephala* Dallas, *Tibraca* Stål and *Paramecocephala* Benvegnú because they share several synapomorphies, and among these, *Hypatropis* is considered the most derived with five recognized species: *Hypatropis australis* Fernandes & Grazia, 1996,

*Hypatropis inermis* (Stål, 1872) (Klein et al. 2013), *Hypatropis rolstoni* Fernandes & Grazia, 1996, *Hypatropis similis* Fernandes & Grazia, 1996, and *Hypatropis sternalis* (Stål, 1869) (Fernandes and Grazia, 1996; Grazia and Fernandes, 1996; Schwertner et al. 2002). Of these five species, only two have information on their host plants; *H. sternalis* has been found in rice crops in Argentina (Quintanilla et al., 1976), and *H. inermis* found in donkey-tail grass, *Andropogon bicornis* L. in rice production areas in southern Brazil (Klein et al. 2013). However, in the literature there are no reports on the biology of any species of *Hypatropis*. In Brazil, *H. inermis* has been registered in the states of Pará, Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina and Rio Grande do Sul (Fernandes and Grazia, 1996).

Specimens of *H. inermis* were found in crops of upland rice (variety Cambará), municipality of Novo Progresso, Pará State ( $7^{\circ}07'45.71''$  S  $55^{\circ}23'21.13''$  W) (Figure 2.1), during the inventory of insect pests conducted between November/2010 and March/2011 with entomological net and random search in stems of rice plants (Figure 2.2). The sampling effort was 16 points weekly collection covering 400 meters in four transects of 100 meters, 25 meters distant from each other.

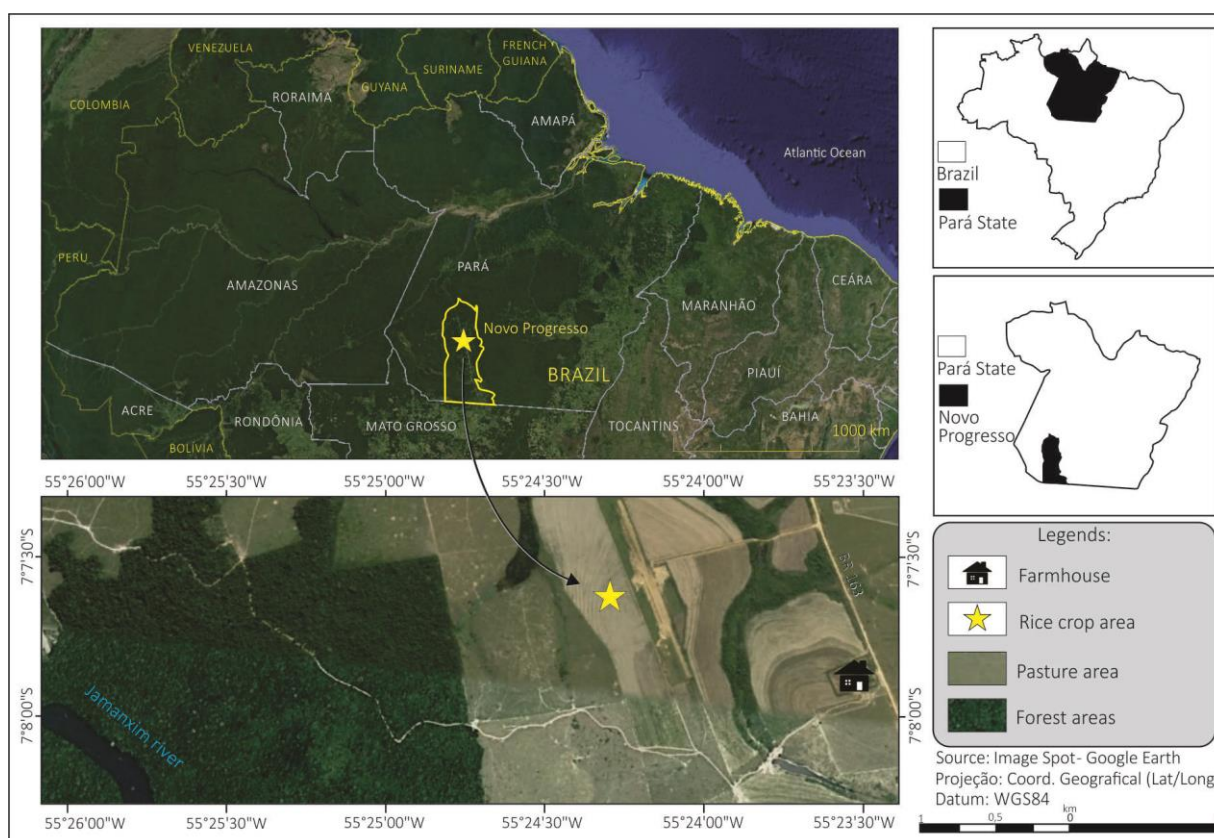


Figure 2.1 - Collection area. Farm Florentino, Novo Progresso, Pará State, Brazil.

Thirty-two specimens of *H. inermis* (15 males and 17 females) were collected. The insects were found only during the reproductive stage of the crop, always among the stems of rice, and most of the times, with the head pointed downward, similar position to the feeding behavior reported for the rice stalk stink bug, *Tibraca limbativentris* Stål, 1860 (Pentatomidae) (Panizzi 2000) (Figure 2.2A).

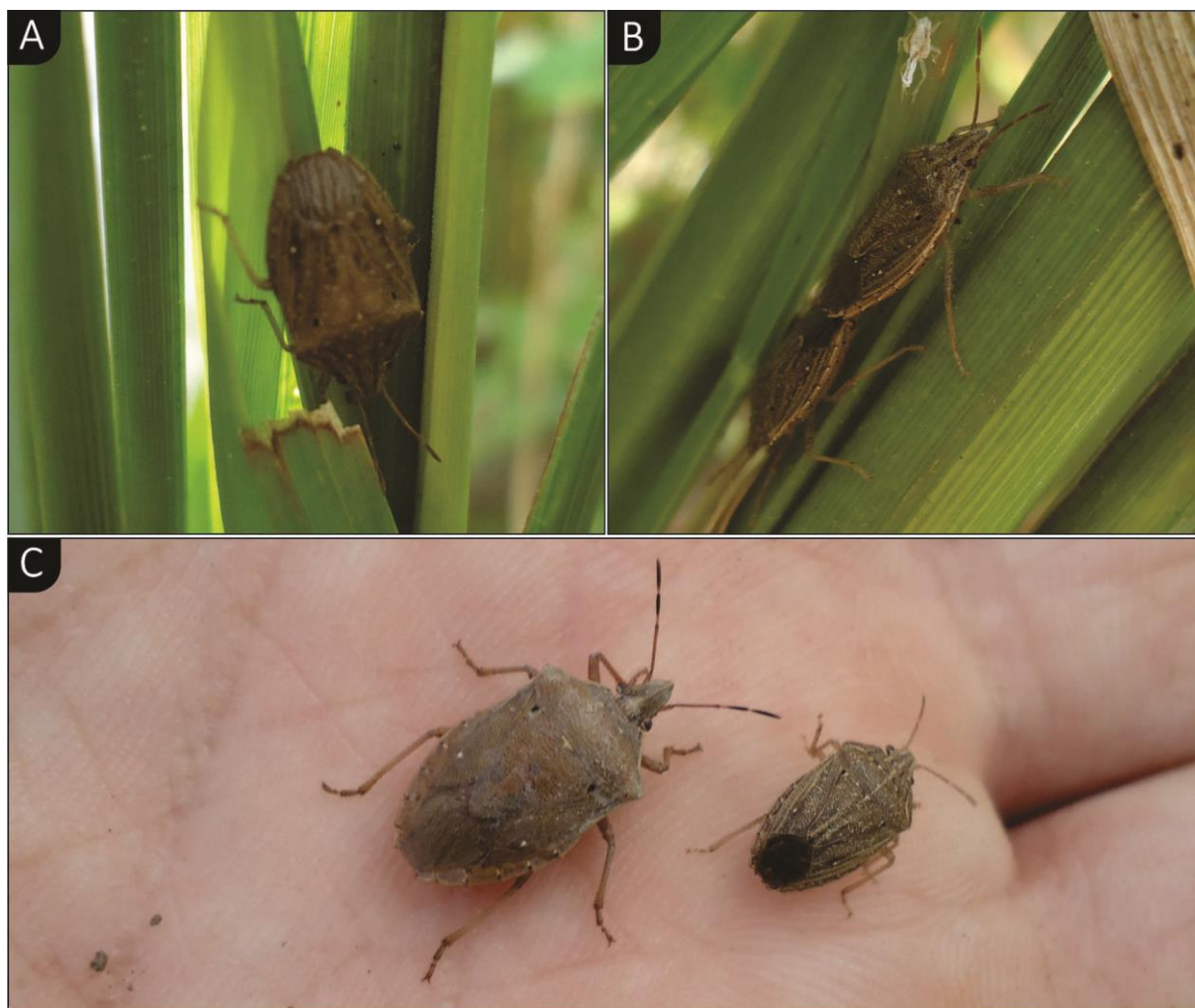


Figure 2.2 - *Hypatropis inermis*. A) Feeding position with the head down; B) Male and female copulating on rice stems; C) Comparison of the size of *H. inermis* (right) with *Tibraca limbativentris*.

This record indicates that rice crops may represent important feeding and breeding sites for this species, mainly because *H. inermis* has been found in tussocks of donkey-tail grass (*Andropogon bicornis* L.) in areas surrounding rice crops in Rio Grande do Sul State, Brazil (Klein et al. 2013).

In the literature there is no specific research with *H. inermis* and the few studies that report some information are the inventories of sites where the species was found. Therefore, considering the economic importance of rice for Brazil, we recommend careful monitoring in rice growing regions and studies on the biology, morphology and ecology of *H. inermis* in different host plants.

In addition, research to assess the damage that the small rice stink bug may cause to different rice varieties should be carried out, mainly to investigate whether this species can be a potential pest for rice crops in the future.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The author acknowledge the farmers of Fazenda Florentino, Marlete Florentino, Eurides Florentino (*in memoriam*) and Nadir de Lima Florentino (*in memoriam*) for allowing this research on their property. I thank also the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), for providing scholarships.

## References

Fernandes, J. A. M. & J. Grazia. 1996. Revisão do gênero *Hypatropis* Bergroth, 1891 (Heteroptera, Pentatomidae). **Revista Brasileira de Entomologia** 40: 341-352.

Grazia J. & J. A. M. Fernandes. 1996. *Parahypatropis* um novo gênero de Pentatomini (Heteroptera, Pentatomidae). **Revista Brasileira de Entomologia** **40**: 353-356.

Grazia, J. & C. F. Schwertner. 2008. Hemiptera: Pentatomidae-Cyrtocoridae. *In*: Claps, L. E.; G. Debandi & S. Roig-Juñet. (Org.). **Biodiversidad de Artrópodos Argentinos**. 1ed. Mendoza, Argentina: Sociedad Entomologica Argentina, v. 2, p. 223-234.

Panizzi, A. R. 2000. Suboptimal nutrition and feeding behavior of hemipterans on less preferred plant food sources. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** **29**: 1-12.

Quintanilla, R. H.; A. E. Margheritis & H. F. Rizzo. 1976. Catalogo de hemípteros hallados en la Provincia de Corrientes (Argentina). **Revista de la Sociedad Entomologica Argentina** **35**:115-133.

Klein, J. T.; L. R. Redaelli & A. Barcellos. 2013. *Andropogon bicornis* (Poales, Poaceae): A Hibernation Site for Pentatomoidea (Hemiptera: Heteroptera) in a Rice-Growing Region of Southern Brazil. **Neotropical Entomology** **42**: 240–245.

Schwertner, C. F.; J. Grazia & J. A. M. Fernandes. 2002. Revisão do gênero *Mecocephala* Dallas, 1851 (Heteroptera, Pentatomidae). **Revista Brasileira de Entomologia** **46**: 169-184.





## Capítulo 3

### **Simulated attack by lepidopterans pest of upland rice cultivated in Novo Progresso, Pará State, Amazon rainforest region, and its effect on grain production\***

Diones Krinski

\*Submetido à Revista Neotropical Entomology

(Normas e instruções aos autores em anexo – página 255)

*"Teach a man to reason and he'll think for a lifetime."  
(Phil Plait)*

**Simulated attack by lepidopterans pest of upland rice cultivated in Novo Progresso, Para State, Amazon rainforest region, and its effect on grain production**

Diones Krinski<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidade Federal do Paraná (UFPR), Departamento de Zoologia, Programa de Pós-Graduação em zoologia. Jardim das Américas, Caixa Postal 19020, 81531-980, Curitiba, PR, Brazil. Email: [diones.krinski@ufpr.br](mailto:diones.krinski@ufpr.br)

**Abstract** - Simulation of the attack of lepidopterans pests provides a measurement of the level of damage that the crop can support at a given developmental stage and also allows to quantify the loss of productivity. This study evaluated the effects of increasing levels of defoliation in upland rice plants under field conditions, on grain production at three phenological stages, vegetative stage V8 (collar formation in the 8th leaf of the main stem), vegetative stage V12 (formation of the flag leaf) and reproductive stage R3/R4 (liberation of the panicle or anthesis). The percentage of damage at all stages increased significantly from 25% defoliation, and was higher when defoliation occurred in V8 and V12. Defoliation levels up to 50% in the reproductive stage did not influence the quantity of filled grains, total spikelets per panicle and weight of filled grains per panicle, and thus the use of insecticides is not required. The data show that chemical control against leaf-chewing insects in upland rice should be restricted to the vegetative stage.

**Index terms:** Integrated pest management, Economic damage level, Leaf area reduction, Rice crop.

**Ataque simulado de lepidópteros pragas do arroz de terras altas cultivado em Novo Progresso/PA, região de floresta Amazônica, e seu efeito na produção de grãos**

Resumo - A simulação do ataque de lepidópteros-pragas em cultivo de arroz propicia a mensuração do nível de desfolha que a cultura pode suportar em determinado estágio fenológico e também permite quantificar a perda de produtividade. Neste estudo avaliou-se os efeitos de níveis crescentes de desfolha em plantas de arroz de terras altas sob condições de campo, na produção de grãos em 3 estádios fenológicos, estágio vegetativo V8 (formação do colar na 8ª folha do colmo principal), estágio vegetativo V12 (formação da folha bandeira) e estágio reprodutivo R3/R4 (liberação da panícula ou antese). As porcentagens de danos em todos os estádios analisados aumentaram significativamente a partir das desfolhas de 25%, e foram maiores quando estas ocorreram nos estádios vegetativos (V8 e V12). Estes dados podem ser utilizados para reduzir o número de aplicações e os custos do controle químico, pois mostram que para o arroz de terras altas, as desfolhas quando ocorrem principalmente no estágio vegetativo, requerem medidas de controle. Desfolhas de até 50% no estágio reprodutivo não interferem na quantidade de grãos cheios, total de espiguetas por panículas e massa dos grãos cheios por panícula, e desta forma, deve-se evitar o controle químico nestas condições.

Termos para indexação: manejo integrado de pragas, nível de dano econômico, perda de área foliar, cultura de arroz.

## Introduction

In the field, rice crops are subjected to leaf area loss by defoliating insects of the orders Coleoptera, Orthoptera, Hymenoptera (Formicidae, Myrmicinae) and mainly Lepidoptera (Didonet et al., 2001; Machado & Garcia, 2010). The action of these insects is one of the main factors reducing the productivity in rice crops, but some receive more importance due to the economic losses they cause to the crops (Pathak & Khan, 1994; Gomes & Magalhães-Junior, 2004).

Lepidopterans can cause chronic or epidemic losses in production from sowing to harvest, with significant yield reductions of up to 35% in crops with application of pesticides (Costa & Link, 1999; Costa et al., 2006). In crops with no chemical control, depending on the population of noctuid caterpillars, such as *Mocis latipes* (Guenée, 1852), *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797), *Spodoptera litura* (Fabricius, 1775), *Leucania humidicola* (Guenée, 1852), *Pseudaletia* (=Mythimna, *Leucania*) *adultera* (Schaus, 1894), *P. sequax* (Flanclemont, 1951) and the crambid *Chilo suppressalis* (Walker, 1863), losses can reach 100% (Grützmacher et al., 1999ab; 2000; Martins et al., 2004; 2009; Martins & Afonso, 2007; Barrigossi & Martins, 2009; Shad et al., 2012; Yuan et al., 2012).

The assessment of the effect of artificial defoliation on plants of economic importance, such as rice, is a useful methodology to simulate damage. Since it is possible to measure how much defoliation the crop can sustain in a given phenological stage, yield loss for the different levels of defoliation can be assessed (Moscardi & Villas-Bôas, 1983; Fazolin & Estrela, 2003). In addition, this parameter can be used to estimate the economic injury level (EIL), similar to that conducted for soybean crops, where the number of pest insects and percentage of defoliation are used to indicate

the moment when chemical control needs to be applied (Hoffmann-Campo et al., 2000; Bueno et al., 2012).

In this study we simulated increasing levels of artificial defoliation at different phenological stages of rice to assess the damage caused by Lepidopterans pest to grain production. In addition, we examined in which developmental phase plants are more susceptible to defoliation.

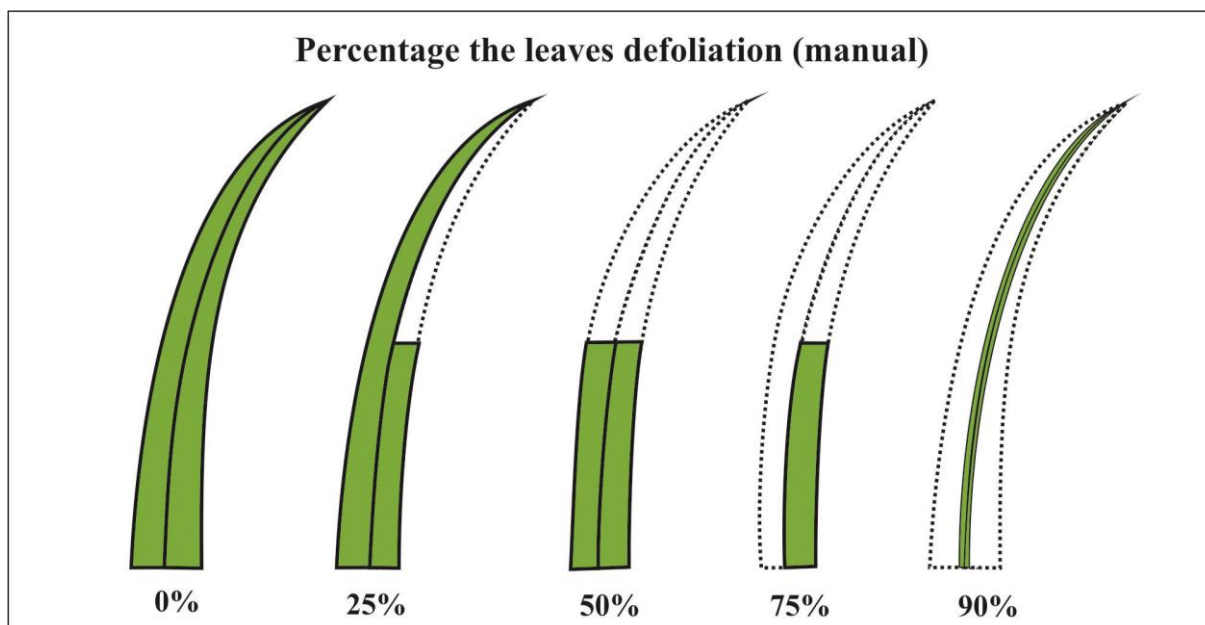
### **Materials and Methods**

The study was carried out during the 2011/2012 rice crop in an upland rice field, AN Cambará variety, at the Florentino Farm (7°07'45.71"S 55°23'21.13"W), municipality of Novo Progresso, state of Pará (Amazon Rainforest region), Brazil. This cultivar was used by the producer due to some characteristics, such as having wide adaptability, architecture modern plant, midsize, be resistant to lodging, have 105 days cycle, good stay-green, high yield entire and translucent grains. Also, has good tolerance to leaf scald, leaf blotch complex and patches of grain. Can be planted in newly opened areas, renovation of pastures, old lands and crop rotation. (Embrapa 2007).

The experiment consisted of five levels of defoliation, 0% (control), 25%, 50%, 75%, and 90%, in three phenological stages of rice, two of them during the vegetative stage, V8 (formation of the collar in the 8th leaf of the main stem) and V12 (formation of the flag leaf), and one at the reproductive stage R3/R4 (release of panicle or anthesis), totaling 15 treatments (Counce et al., 2000).

Leaves were manually removed from all plants to the corresponding percentages of defoliation (Fig. 3.1). For each treatment, 50 rice plants (replicates) from the same row in the field were randomly selected. To ensure that plants were not

attacked by insects during the experiment, chemical control with Permethrin (Pounce® 384 EC) was performed until harvest.



**Fig. 3.1** Percentage of defoliation used in the experiments.

The total production of spikelets per panicle was assessed, as well as the number of filled and unfilled spikelets, the percentage of damage for each level of defoliation in the different phenological stages (damage:  $US/TS \times 100$ , where US is the number of unfilled spikelets per panicle and TS is the total number of spikelets), the average weight of filled grains per panicle and the average weight of 100 rice grains (total weight of filled grains/number of filled grains  $\times 100$ ).

Normality was tested with the Shapiro-Wilk test with significance set at 5%. Assuming a normal distribution, the results were compared with analysis of variance (ANOVA) and the means classified with the Tukey test at 5%. When assumptions of normality were not met, the non-parametric Kruskal-Wallis test with significance set at 5% was used instead. When F or H were significant ( $p < 0.05$ ), a linear regression

analysis was performed. All tests were performed with the statistical software Statistica.

## Results and Discussion

Our findings support those by Watson (1952) that reported that leaf area is among the main factors affecting yield in several crops, and consequently determining dry matter production and final yield. According to Walter et al. (2012), the vegetative phase is the period when rice plants are most sensitive to photoperiod. Since dry matter production of rice is calculated based on the radiation use efficiency and the leaf area index, loss of leaf area in this stage can directly affect the intercepted solar radiation used for plant growth, and thus grain production. In this study, this occurred mainly when defoliation was carried out in the vegetative stage (Fig. 3.2).

The average total number of spikelets (filled and unfilled spikelets) among the percentages of defoliation in the different phenological stages ranged between  $93.7 \pm 5.1$  and  $183.5 \pm 4.5$  per panicle. In the vegetative stage, defoliation of 25% resulted in a significant reduction in the total number of spikelets compared to the control group (V8:  $H=109.993$ ,  $p < 0.000$ ; V12:  $F=8.925$ ,  $p < 0.000$ ). When the damage occurred in the reproductive stage, only defoliation of 75% or more resulted in a significant reduction in the number of spikelets. Defoliation of up to 50% in this phenological phase did not reduce the total number of spikelets ( $H= 49.109$ ,  $p < 0.000$ ) (Fig. 3.2).

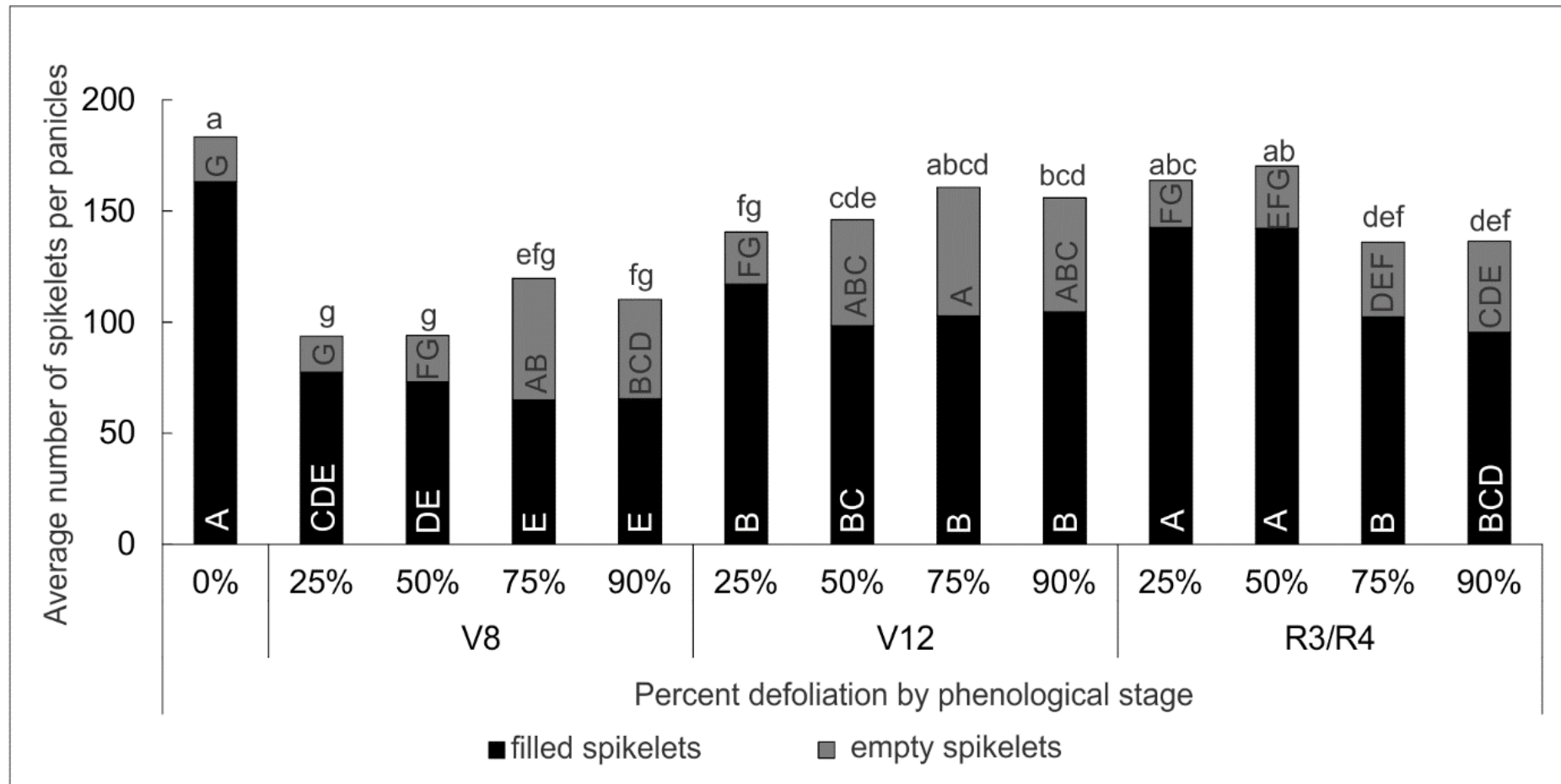
The average number of filled grains per panicle ranged between  $64.9 \pm 3.4$  and  $163.2 \pm 4.6$  among treatments. In the V8 stage, all percentages of defoliation resulted in reductions of over 50% in the number of grains per panicle in comparison with the control group ( $H=114.313$ ;  $p < 0.000$ ). Defoliation of up to 50% in R3/R4 did

not affect the number of grains per panicle and only defoliation of 75% or more caused a significant reduction in the quantity of grains ( $H = 90.743$ ;  $p < 0.000$ ) (Fig. 3.2).

The number of unfilled spikelets increased along with defoliation percentage in the different phenological stages ranging between  $16.3 \pm 1.3$  and  $58.0 \pm 3.5$ . Defoliation of up to 75% resulted in significant differences among the three phenological stages evaluated (25%:  $H = 6.882$ ;  $p < 0.032$ ; 50%:  $H = 39.15$ ;  $p < 0.000$ ; 75%:  $H = 34.041$ ;  $p < 0.000$ ). This pattern was not observed for defoliation of 90% in the different phenological stages. The V12 stage had the largest number of unfilled spikelets per panicle for all percentages of defoliation ( $H = 87.092$ ;  $p < 0.000$ ) (Fig. 3.2). In the V8 stage, plants withstood defoliation of up to 50% without increasing the number of unfilled spikelets when compared to the control group ( $H = 125.378$ ;  $p < 0.000$ ). In the reproductive stage R3/R4, the results were similar to those obtained for the V12 stage ( $H = 59.016$ ;  $p < 0.000$ ) (Fig. 3.2).

Walter et al. (2012) reported that senescence of leaves and stem begins with anthesis (reproductive phase), when part of the dry matter produced begins to be directed to the panicle, and grain filling initiates. Thus, any interference before anthesis is expected to have an effect on the final production, reflected as a decrease in the number of filled grains, increase in unfilled spikelets or the total number of spikelets per panicle (Fig. 3.3).





**Fig. 3.2** Average number of spikelets per panicles. Bars of the same color followed by same letters between the percentages of defoliation did not differ by Kruskal-Wallis test ( $p < 0.05$ ). Black bars: filled spikelets ( $H = 227.225$ ,  $p < 0.001$ ); Gray bars: empty spikelets ( $H = 254.884$ ,  $p < 0.001$ ); Above the bars: total of spikelets ( $H = 222.582$ ,  $p < 0.001$ ).

The percentage of damage (US/TS\*100) caused by the different levels of defoliation ranged from  $11.2 \pm 0.9$  % to  $45.9 \pm 1.7$  % in the treatments and phenological stages examined. In all percentages of defoliation, damage was higher in the vegetative stage (Table 3.1). Within each phenological stage, more damage was observed in V8, with significant differences beginning with defoliation of 25%. The same pattern was observed for the reproductive stage R3/R4. In the V12 stage, the damage caused by defoliation of 25% was not significantly different from that of the control, and was higher only over 50% defoliation (Table 3.1). These results differ from those obtained in other studies reporting that rice plants can recover from initial damage without yield loss (Silva, 1984). In the present study, the damage caused by defoliation in the vegetative stage V8 was 45.9%, unlike the observed by Bowling (1978) that reported a decrease of approximately 12% for this same stage. This might be a peculiarity of the Cambará cultivar used in this study. As reported by Bowling (1978), different varieties or plants under stress conditions may respond differently to defoliation.

**Table 3.1** Percentage of reduction in grain production (US/TS\*100) caused by different levels of defoliation (%) in three phenological stages from upland rice. Novo Progresso, PA, Brazil 2011-2012.

Phenological stages	Percent defoliation (mean <sup>1</sup> ± SE <sup>*</sup> )					H <sup>2</sup>	p
	0%	25%	50%	75%	90%		
V8	11.1 ± 0.9 C	17.4 ± 1.1 aB	21.6 ± 1.6 bB	45.9 ± 1.7 aA	40.6 ± 2.0 aA	163,235	0,000
V12	11.1 ± 0.9 B	16.6 ± 1.5 aB	32.6 ± 2.3 aA	36.3 ± 2.0 bA	33.2 ± 2.5 bA	105,944	0,000
R3/R4	11.1 ± 0.9 C	12.4 ± 1.1 bB	16.5 ± 0.7 bB	24.7 ± 1.5 cA	29.5 ± 1.4 bA	111,372	0,000
H <sup>2</sup>	-	18,984	29,765	-	12,553		
F <sup>3</sup>	-	-	-	35,210	-		
p	-	0,0001	0,000	0,000	0,0019		

<sup>1</sup>Means followed by the same capital letter in the lines and lowercase letters in columns do not differ by <sup>2</sup>Kruskal Wallis or

<sup>3</sup>Tukey tests ( $p < 0.05$ ). \*Standard Error (SE).

The decrease in grain mass per panicle in each phenological stage and the percentage of defoliation exhibited the same pattern found for the reduction in the

quantity of filled grains per panicle. When defoliation was imposed at V8, the percentage of reduction of grain mass per panicle was 16.7%, 34.2%, 60.3%, and 53.1% for defoliation of 25%, 50%, 75%, and 90%, respectively. Rice plants in V8 stage were able to recover from defoliation of 25% without yield reductions, while defoliation of over 50% in this stage significantly reduced the mass of filled grains per panicle. In the V12 stage, the values found were 33.17%, 38.40%, 36.91%, and 42.89% with these same levels of defoliation, and the defoliation of over 25% in this stage significantly reduced the mass of filled grains per panicle. In stage R3/R4 the decrease in grain mass with defoliation of 25%, 50%, 75% and 90% were 9.5%, 8.2%, 36.7%, and 41.2%, respectively, and the differences in grain mass were only observed for defoliation of 75% and above (Table 3.2, Fig. 3.4b).

**Table 3.2** Mean weight (g) of filled grains per panicle of rice in each percent defoliation. Novo Progresso, PA, 2011-2012.

Phenological stages	Percent defoliation (mean <sup>1</sup> ± SE <sup>*</sup> )					H <sup>2</sup>	p
	0%	25%	50%	75%	90%		
V8	4,0 ± 0,1 A	3,3 ± 0,1 aA	2,6 ± 0,1 bAB	1,5 ± 0,1 bB	1,8 ± 0,1 bB	137,814	0,000
V12	4,0 ± 0,1 A	2,6 ± 0,1 bB	2,4 ± 0,1 bB	2,5 ± 0,1 aB	2,2 ± 0,1 abB	76,697	0,000
R3/R4	4,0 ± 0,1 A	3,6 ± 0,1 aA	3,6 ± 0,1 aA	2,5 ± 0,1 aB	2,3 ± 0,1 aB	97,386	0,000
H <sup>2</sup>	-	20,615	-	45,607	8,0313		
F <sup>3</sup>	-	-	23,223	-	-		
p	-	0,000	0,000	0,000	0,018		

<sup>1</sup>Means followed by the same capital letter in the lines and lowercase letters in columns do not differ by <sup>2</sup>Kruskal Wallis or

<sup>3</sup>Tukey tests ( $p < 0.05$ ). <sup>\*</sup>Standard Error (SE).

Regarding the mass of filled grains per panicle, plants in the V8 stage can recover from defoliation of 25%, without a significant yield loss. However, defoliation of 50% or more in this stage significantly reduced the mass of filled grains per panicle, as well as defoliation of 25% and above in the V12 stage. These results support the ones obtained by Martins et al. (1982) that reported that plants are not able to recover from the loss of leaves near the reproductive stage, thus affecting grain filling. In the

R3/R4 stage, however, significant differences in grain mass were observed only for defoliation of 75% and above (Table 3.2, Fig. 3.4). Similar results for the reproductive phase were obtained by Martins et al. (1982), that reported a decrease in grain mass as a result of defoliation of over 75%.

Simple linear regression analysis revealed that the total number of spikelets (unfilled and filled), the number of filled grains, and the average weight of filled grains per panicle of rice were inversely proportional to the percentage of defoliation, lower in higher percentages of defoliation and in the first stages of development of rice plants, mainly in V8 (Figs. 3.3 – 3.5). The number of unfilled spikelets per panicle and the percentage of defoliation are proportionally correlated with the increase in the percentages of defoliation, which were higher mainly in the vegetative stage (Figs. 3.3 and 3.4). The mass of 100 filled grains of rice was not correlated with the percentages of defoliation throughout the development of plants (Fig. 3.5b).

The mass of 100 rice grains increased in plants with defoliation of 25% and 50% compared to that of the control group (Table 3.3). Some studies reported that in rice fields with higher density, the reduction in leaf area due to artificial defoliation or the attack by caterpillars may not result in a decrease in productivity, but rather often increase production (Martins et al., 1982). In addition, since this was observed only in the V8 stage, this might be correlated with the ability of the plant to recover from defoliation early in the development, as observed for this stage.

These results demonstrate that grain mass is negatively affected when defoliation occurs mainly in the vegetative stage, although the decrease observed for grain mass after defoliation of 75% and 90% in stage R3/R4 was similar to those found in the vegetative stages examined (Fig. 3.5a).

**Table 3.3** Average weight of 100 filled grains in each percent defoliation. Novo Progresso, PA, 2011-2012.

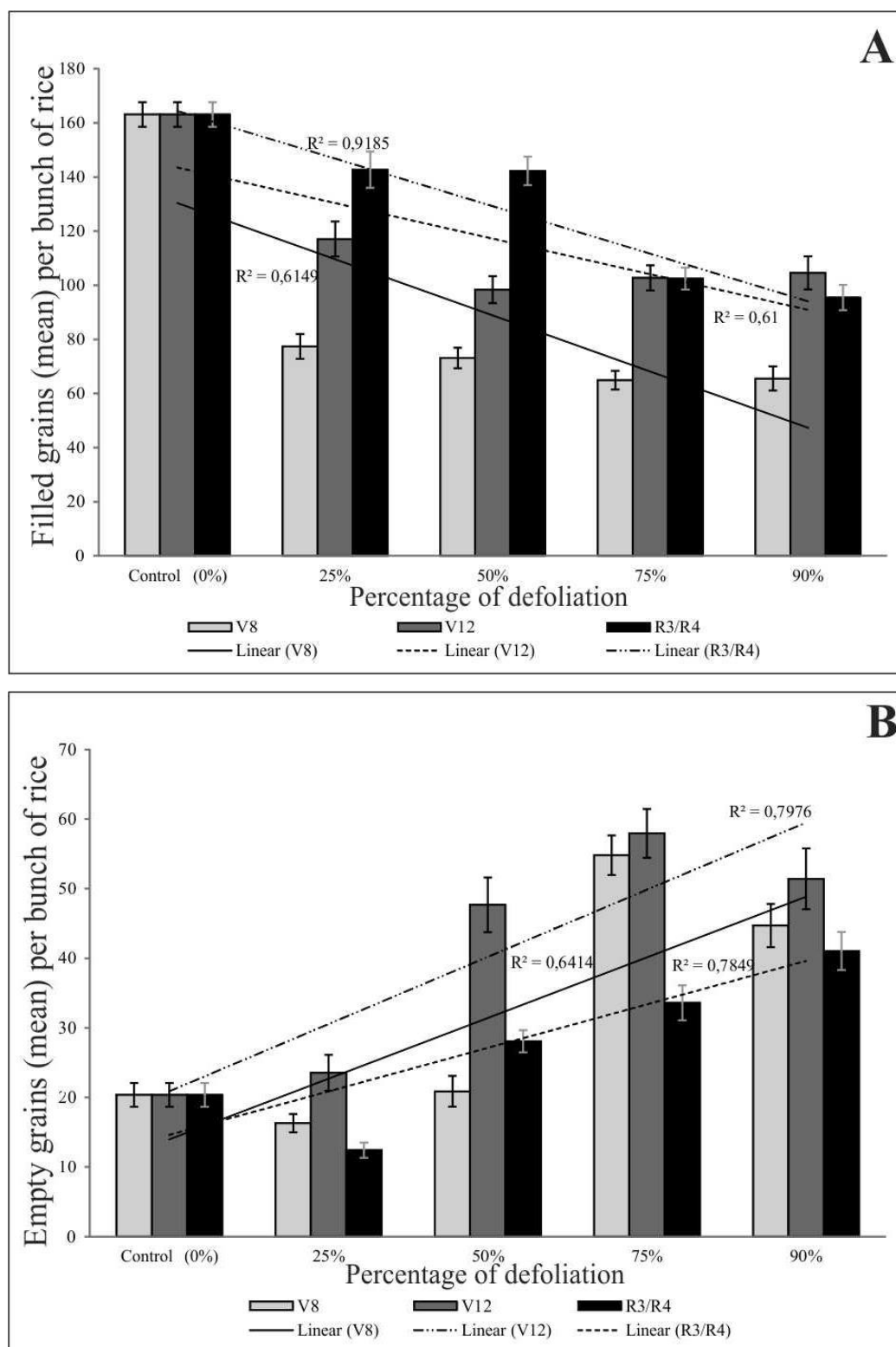
Phenological stages	Percent defoliation (mean <sup>1</sup> ± SE <sup>*</sup> )					H	p
	0%	25%	50%	75%	90%		
V8	2,4 ± 0,0 C	4,7 ± 0,2 aA	3,7 ± 0,1 aA	2,4 ± 0,0 abC	3,1 ± 0,1 aB	114,936	0,000
V12	2,4 ± 0,0 A	2,4 ± 0,1 bA	2,5 ± 0,0 cA	2,4 ± 0,1 bA	2,2 ± 0,1 bB	44,392	0,000
R3/R4	2,4 ± 0,1 B	2,6 ± 0,2 bAB	2,5 ± 0,0 bA	2,5 ± 0,1 aAB	2,5 ± 0,1 aAB	13,080	0,0109
H	-	75,996	60,286	6,163	39,711		
p	-	0,000	0,000	0,0459	0,018		

<sup>1</sup>Means followed by the same capital letter in the lines and lowercase letters in columns do not differ by Kruskal Wallis test ( $p < 0.05$ ). <sup>\*</sup>Standard Error (SE).

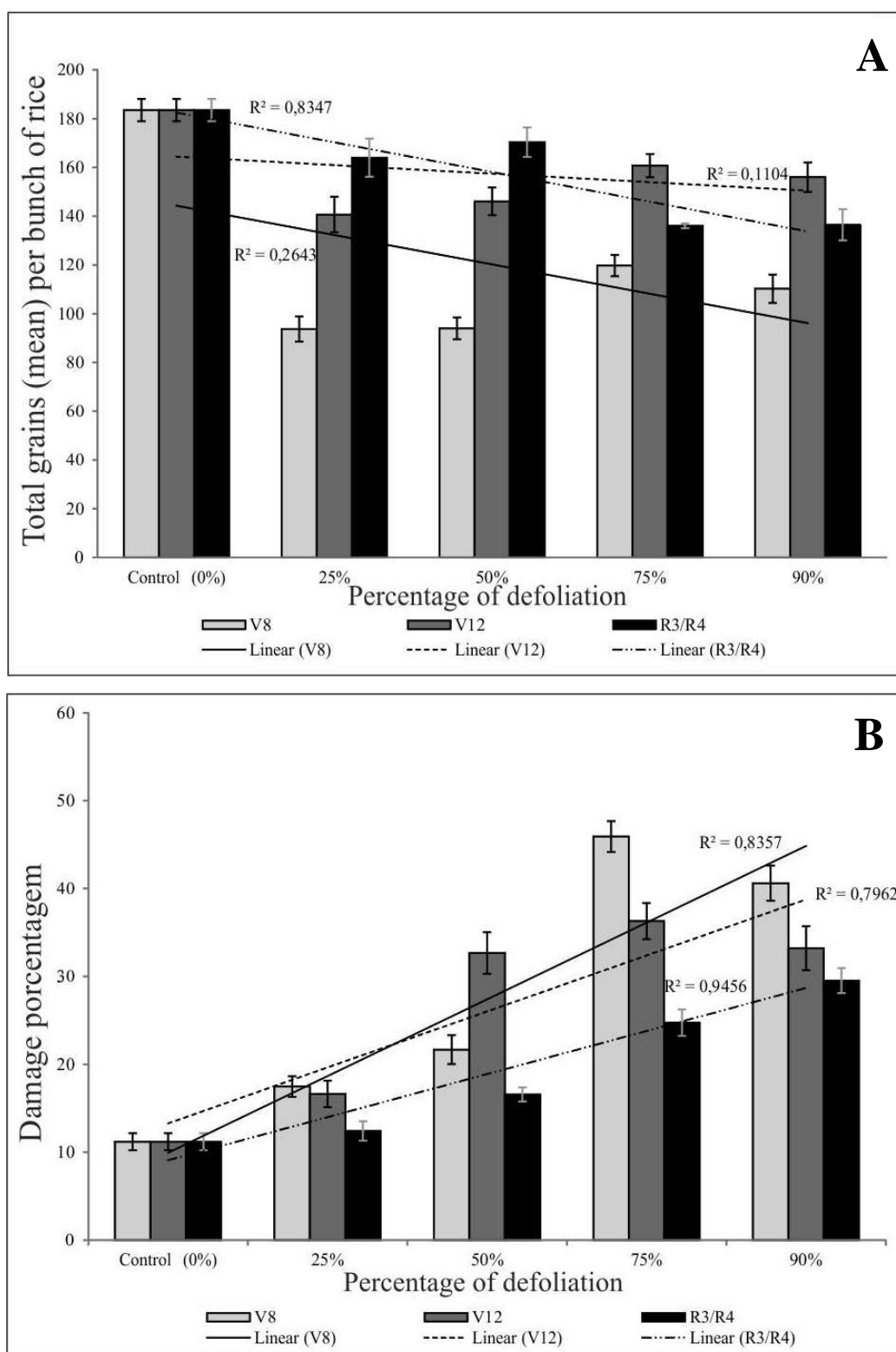
Bertoncello et al. (2011) observed this same trend in mass reduction for the vegetative stage V11 for defoliations of 25%, 50%, 75%, and 100%. However mass reduction was much less prominent than those found in the present study, under 22% in the highest percentage of defoliation. Although these authors conducted the study under controlled conditions of temperature and humidity in a greenhouse, providing optimal conditions for the biological response to plant's development, these results might be associated with the rice variety used, which may respond differently to the various percentages of defoliation.

Our results for rice grain mass are in agreement with the ones reported by Norman et al. (1992) that described that the accumulation of nitrogen in leaves and their later distribution to the reproductive portions are decisive processes in the production of grains, since leaves are the main structure storing nitrogen (Mae, 1997). Ntanos & Koutroubas (2002) reported that the period of maximum N absorption (65%) occurs 10 days after the formation of panicle in the stem. Thus, any decrease in leaf area during the vegetative phase of rice plants can directly interfere in the availability of N, causing grain yield reduction. Isla (1975) observed pronounced reductions in rice grain production when defoliation occurred after the formation of the floral primordium

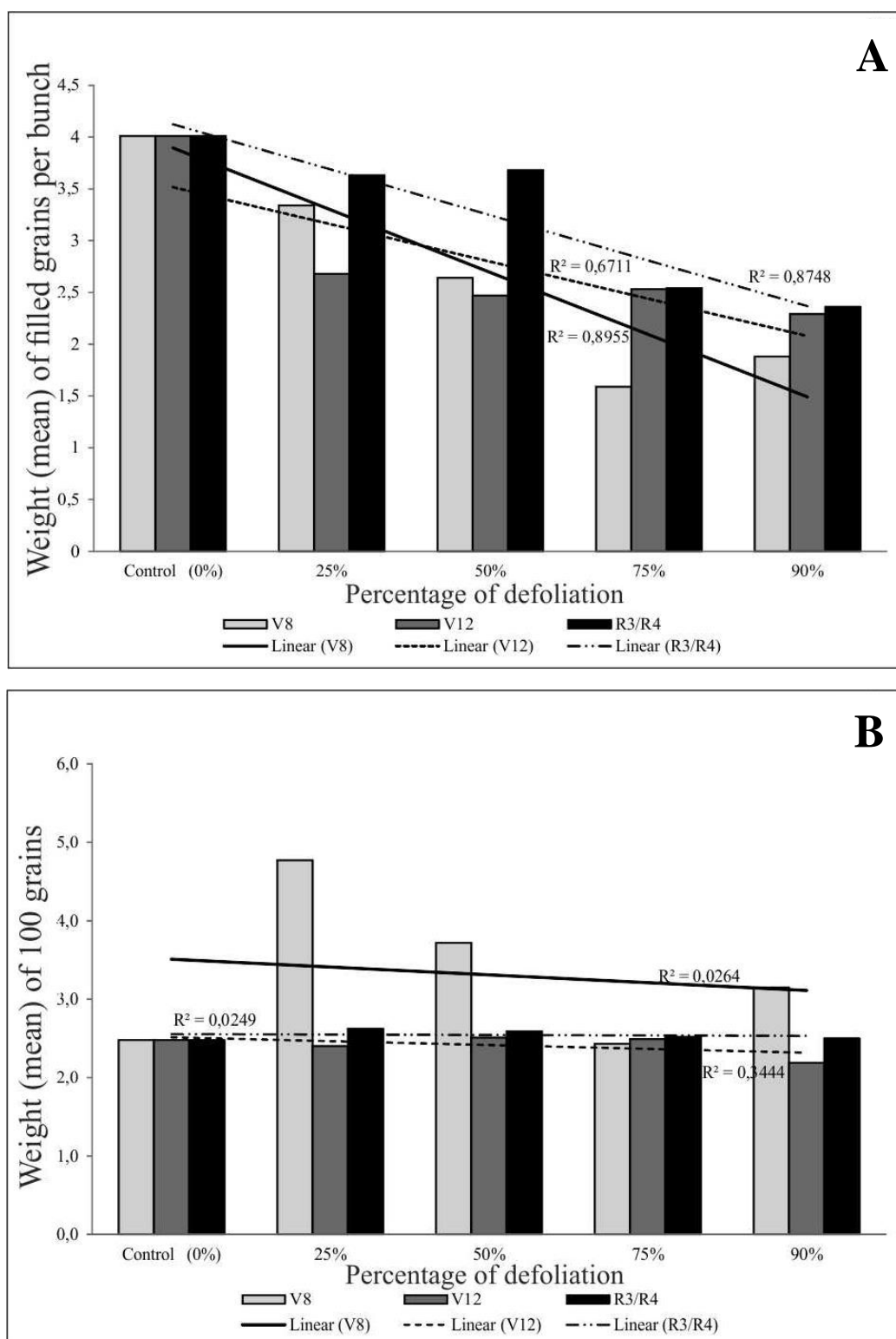
(reproductive stage). Other authors have reported this same pattern for artificial defoliation in different cash crops (Enyi, 1975; Koogan, 1976).



**Fig. 3.3** Mean values, standard errors and linear regression (with  $R^2$ ). a) Number of filled grains per panicle; b) Average number of empty grains per panicle in the different phenological stages and percentage of defoliation.



**Fig. 3.4** Mean values, standard errors and linear regression (with  $R^2$ ). a) Average total number of grains (empty and full) per panicle; b) Percentage of damage for each percentage of defoliation and different phenological stages.



**Fig. 3.5** Mean values and linear regression (with  $R^2$ ). a) Average weight of filled grains per panicle; b) Average weight of 100 grains of rice in the different phenological stages and percentage of defoliation.



## Conclusion

Although similar studies with other varieties and types of rice (lowland or deep water, for example) are needed, our findings provide a framework for varieties used in different rice producing countries. For upland rice Cambará variety, when defoliation occurs in the vegetative stage, farmers should employ control measures to prevent crop loss. However, defoliation of up to 50% during the reproductive stage, did not affect the number of filled grains, total spikelets per panicle, and mass of filled grains per panicle.

Leaf reduction can be monitored in the field and pest control performed only when needed. Consequently, monitoring reduces the expenses with pesticide applications. In addition, this information contributes to reduce the cases of accidents with workers from the excessive use of chemical products, since the control of defoliating insects is performed on a rational basis, which also decreases the quantities of chemical pollutants released into the environment.

## Acknowledgments

The author acknowledge the farmers of the Fazenda Florentino, Marlete Florentino, Eurides Florentino (*in memoriam*) and Nadir de Lima Florentino (*in memoriam*) for allowing this research on their property. I thank also the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), for providing scholarships.

## References

BARRIGOSI J.A.F.; LANNA N.A.; FERREIRA, E. **Agrotóxico no cultivo de arroz no Brasil: análise do consumo e medidas para reduzir o impacto ambiental negativo**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 8p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 67).

BARRIGOSI, J.A.F.; MARTINS, J.F.S. Pragas Principais e Recomendações para o seu Manejo. In: BARRIGOSI, J.A.F. (Ed.) **Recomendações técnicas para a cultura do arroz irrigado no Mato Grosso do Sul**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. P.88-105.

BERTONCELLO, T.F.; LIMA-JÚNIOR, I.S.; MELO, E.P.; FONSECA, P.R.B.; DEGRANDE, P.E. Desfolha artificial simulando danos de pragas no cultivo de arroz de sequeiro de casa de vegetação. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v.9, p.123-127, 2011.

BOWLING, C.C. Simulated insect damage to rice: effects of leaf removal. **Journal of Economic Entomology**, v.71, p.377-378, 1978.

BUENO, A.F.; PANIZZI, A.R.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; SOSA-GOMEZ, D.R.; GAZZONI, D.L.; HIROSE, E.; MOSCARDI, F.; CORSO, I.C.; OLIVEIRA, L.J.; ROGGIA, S. Histórico e evolução do manejo integrado de pragas da soja no Brasil. In: HOFFMANN-CAMPO CB, CORRÊA-FERREIRA BS, MOSCARDI F (Eds.) **Soja: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga**. 1st ed. Brasília, DF: Embrapa, pp 37-74. 2012.

COSTA, E.C.; LINK, D. Efeito de inseticidas sobre predadores em arroz irrigado. **Revista da FZVA**, v.6, p.24-31, 1999.

COSTA, E.C.; GUEDES, J.V.C.; FRANÇA, J.A.S.; FARIAS, J.R. Eficiência de neonicotinóides no controle de larvas de *Oryzophagus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) em arroz irrigado via tratamento de sementes. **Revista da FZVA**, v.13, p.123-131, 2006.

COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, v.40, p.436-443, 2000.

DIDONET, J.; DIDONET, A.P.P.; ERASMO, E.L.; SANTOS, G.R. Incidência e densidade populacional de pragas e inimigos naturais em arroz de terras altas, em Gurupi-TO. **Bioscience Journal**, v.17, p.67-76, 2001.

ENYI, B.A.C. Effects of defoliation on growth and yield in groundnut (*Arachis hypogaea*), cowpeas (*Vigna unguiculata*), soybeans (*Glycine max*) and green gram (*Vigna aurens*). **Annals of Applied Biology**, v. 79, p.55–66, 1975.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J.L.V. Comportamento da cv. Pérola (*Phaseolus vulgaris* L.) submetida a diferentes níveis de desfolha artificial. **Ciência Agrotecnologia**, v.27, p.978-984, 2003.

GOMES, A.S.; MAGALHÃES-JÚNIOR, A.M. **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 899p (Embrapa Clima Temperado. Informação Tecnológica).

GRÜTZMACHER, A.D.; MARTINS, J.F.S.; CUNHA, U.S. Insetos-pragas das culturas do milho e sorgo no agroecossistema de várzea. In: PARFITT, J.M.B. (Ed.), **Produção de milho e sorgo em várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000, p. 87-102.

GRÜTZMACHER, A.D.; NAKANO, O.; MARTINS, J.F.S.; GRÜTZMACHER, D.D.; LOECK, A.E. Efeito do desfolhamento artificial sobre a produção e ciclo do arroz irrigado Embrapa 6-chuí. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.5, p.68-74, 1999a.

GRÜTZMACHER, A.D.; NAKANO, O.; MARTINS, J.F.S.; GRÜTZMACHER, D.D.; LOECK, A.E. Consumo foliar de cultivares de arroz irrigado por *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.28, p.519-525, 1999b.

HOFFMANN-CAMPO, C.B.; MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; OLIVEIRA, L.J.; SOSA-GOMEZ, D.R.; PANIZZI, A.R.; CORSO, I.C.; GAZZONI, D.L.; OLIVEIRA,

E.B. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina, Embrapa Soja, 2000. 70p. (Embrapa Soja. Circular Técnica 30).

ISLA, L.H. Determinación del período crítico de daños foliares en el cultivo del arroz. Centro Agrícola, v.2, p.67-76, 1975.

KOOGAN, M. Evaluation of injury levels for soybean insect pests. In: HILL, L.D. (Ed.). **World soybean research**. Danville: Interstate, 1976, p.513-533.

MACHADO, R.C.M.; GARCIA, F.R.M. Levantamento de pragas e inimigos naturais ocorrentes em lavoura de arroz no município de Cachoeirinha, Rio Grande do Sul. Revista de Ciências Ambientais, v.4, p.57-68, 2010.

MAE, T. Physiological nitrogen efficiency in rice: Nitrogen utilization, photosynthesis, and yield potential. **Plant and Soil**, v.196, p.201-210, 1997.

MARTINS, J.P.S.; AFONSO, A.P.S. **Importância Econômica de *Spodoptera Frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) como Praga do Arroz no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 31p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 213).

MARTINS, J.F.S.; GRÜTZMACHER, A.D.; CUNHA, U.S. Descrição e manejo integrado de insetos-praga em arroz irrigado. In: GOMES AS, MAGALHÃES-JUNIOR AM (Eds.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2004. p.635-676.

MARTINS, J.F.S.; BARRIGOSSO, J.A.F.; OLIVEIRA, J.V.; CUNHA, U.S. **Situação do manejo integrado de insetos-praga na cultura do arroz no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 40p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 290).

MARTINS, J.F.S.; FERREIRA, E.; PINHEIRO, B.S. Simulação do dano causado por lagartas-da-folha ao arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, p.1113-1119, 1982.

MOSCARDI, F.; VILLAS-BÔAS, G.L. Influência da desfolha artificial, em quatro diferentes estádios fenológicos da planta, sobre o rendimento e outras características do girassol. In: **EMBRAPA**. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Relatório de pesquisa. Londrina: Centro Nacional de Pesquisa de Soja, 1983. p.22-26.

NORMAN, R.J.; GUINDO, D.; WELLS, B.R.; WILSON, C.E. Seasonal accumulation and partitioning of N-15 in rice. **Soil Science Society of America Journal**, v.56, p.1521-1527. 1992.

NTANOS, D.A.; KOUTROUBAS, S.D. Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. **Field Crops Research**, v.74, p.93-101, 2002.

PATHAK, M.D.; KHAN, Z.R. **Insect Pests of Rice**. International Rice Research Institute, International Centre of Insect Physiology and Ecology, Philippines. 1994, 89p.

SHAD, S.A.; SAYYED, A.H.; FAZAL, S.; SALEEM, M.A.; ZAKA, S.M.; ALI, M. Field evolved resistance to carbamates, organophosphates, pyrethroids, and new chemistry insecticides in *Spodoptera litura* Fab. (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Pest Science**, v.85, p.153-162, 2012.

SILVA, P.H.S. **Avaliação de danos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera-Noctuidae) em cultura de arroz (*Oryza sativa* L.) em condições hídricas variáveis**. 1984. 76p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo (Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"), São Paulo.

YUAN, X.H.; SONG, L.W.; ZHANG, J.J.; ZANG, L.S.; ZHU, L.; RUAN, C.C.; SUN, G.Z. Performance of four Chinese *Trichogramma* species as biocontrol agents of the rice striped stem borer, *Chilo suppressalis*, under various temperature and humidity regimes. **Journal of Pest Science**, v.85, p.497-504, 2012.

WALTER, L.C.; ROSA, H.T.; STRECK, N.A.; FERRAZ, S.E.T. Adaptação e avaliação do modelo infocrop para simulação do rendimento de grãos da cultura do arroz irrigado. **Engenharia Agrícola**, v.32, p.510-521, 2012.

WATSON, D.J. The physiological basis of variation in yield. **Advances in Agronomy**, v.4, p.101-145, 1952.

## Capítulo 4

# **Damage by the rice stalk stink bug *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) to upland cultivated in Amazon rainforest region, Pará State, Brazil at field conditions and different phenological stages \***

Diones Krinski

\*À ser submetido para o Journal of Pest Science  
(Normas e instruções aos autores em anexo – página 259)

"“When you are studying any matter, or considering any philosophy, ask yourself only what are the facts and what is the truth that the facts bear out. Never let yourself be diverted either by what you wish to believe, or by what you think would have beneficent social effects if it were believed”.

(Bertrand Russell)

Diones Krinski<sup>1</sup>

**Damage by the rice stalk stink bug *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) to upland rice cultivated in Amazon rainforest region, Pará State, Brazil at field conditions and different phenological stages**

<sup>1</sup>Department of Zoology, Federal University of Paraná (UFPR), Jardim das Américas, Caixa Postal 19020, 81531-980, Curitiba, PR, Brazil

Corresponding author:

Diones Krinski

Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná, Caixa Postal 19020, 81531-980, Curitiba, PR, Brasil; Email: [diones.krinski@ufpr.br](mailto:diones.krinski@ufpr.br)

**Abstract** In this study, we evaluated the damage caused in the field by *T. limbativentris* adults in different levels (COLOCAR OS NÍVEIS) of infestation during three phenological stages of upland rice cultivated in southwestern of Pará state, Amazon Rainforest region, Brazil (LOCALIDADE). Heading time (panicle exsertion) was affected by the attack of *T. limbativentris* mainly in the vegetative stage and the percentage of white panicles in the treatments ranged from 18.2% to 38%. The percentage of dead hearts varied between 0% and 21.5% and the mean number of primary ramifications ranged from  $5.9 \pm 0.4$  to  $12.3 \pm 0.2$  among treatments. The number of empty spikelets was only affected in infestations with four insects/plant, while the quantity of full spikelets per panicle was affected only when infestations occurred during the vegetative stage. The total number of spikelets (full + empty) per panicle decreased significantly in all phenological phases and the percentage of damage ranged from 17% to 44% among treatments. Based on the damage observed, we suggest maintaining the action threshold already reported in the literature as the guideline to control this insect (between 1 and 2 insects per 15 stalks sampled). Also, the field should be monitored during the entire vegetative stage, since most damage was observed in this phenological phase.

**Keywords:** *Oryza sativa*, white-panicles, dead hearts, rice pests.



## Introduction

Insects are one of the main factors responsible for the reduction of productivity in rice crops (*Oryza sativa* L.). Among the pest insects found in rice fields is the rice stalk stink bug *Tibraca limbativentris* Stål, 1860, which causes significant losses to rice farmers (Costa and Link 1999ab; Pantoja et al. 2007; Fritz et al. 2008). This species has a broad geographic distribution in the Neotropical region and it is found from Costa Rica and the Dominican Republic in Central America to Argentina and Uruguay (Fernandes and Grazia 1998; Jorge 1999; Panizzi et al. 2000; Martins et al. 2004; Pantoja et al. 2007). Because of this wide distribution, it is a potential threat to rice farmers in the United States (Borges et al. 2006). In Brazil, the rice stalk stink bug is considered one of the most important pests in rice crops, especially in lowlands (Costa and link 1992; Martins, 1992; Perez et al. 1995; Ferreira et al. 1997; Malavasi 1999). This species occurs in almost all states of Brazil and is often found in alternative hosts, such as soy, tomato, wheat and native grasses (Panizzi et al. 2000).

This insect attacks during the vegetative as well as reproductive cycles and significant losses have been reported due to the damage caused during the pre-flowering and grain filling phases (Silva et al. 2004). Biological, behavioral, and damage assessment studies have shown the significance of this insect to rice crops (Prando et al. 1993, Botton et al. 1996; Ferreira et al. 1997).

Previous studies have indicated that attacks by *T. limbativentris*, even in relatively small populations, cause severe damage to rice crops and that the damage differs depending on the phenological phase of the plant when infestation occurs (Costa and Link 1992; Ferreira et al. 1997). When the attack occurs in plants with more than 20 days of age, insects cause partial or total necrosis of the central portion of the rice stalk due to the injection of toxic saliva (Ferreira et al. 1997). The perforation of

stalks at the base of the plant during the vegetative phase causes the symptom of “dead heart” (Ferreira 2006). When the insect feeds in the upper portion of the stalk, during the reproductive phase, the plant exhibits symptoms of “white panicle”, or panicles with high percentage of empty spikelets (Ferreira 2006).

In a field survey conducted in the state of Pará, northern Brazil, *T. limbativentris* was one of the hemipterans found, along with *Oebalus poecilus* and *O. Ypsilongriseus*, infesting rice crops. Given the limited knowledge on the population levels of stink bugs in upland rice fields, we examined the damage caused by different levels of infestation of *T. limbativentris* in three phenological stages of rice in upland fields in southwestern Pará, Amazon Rainforest region.

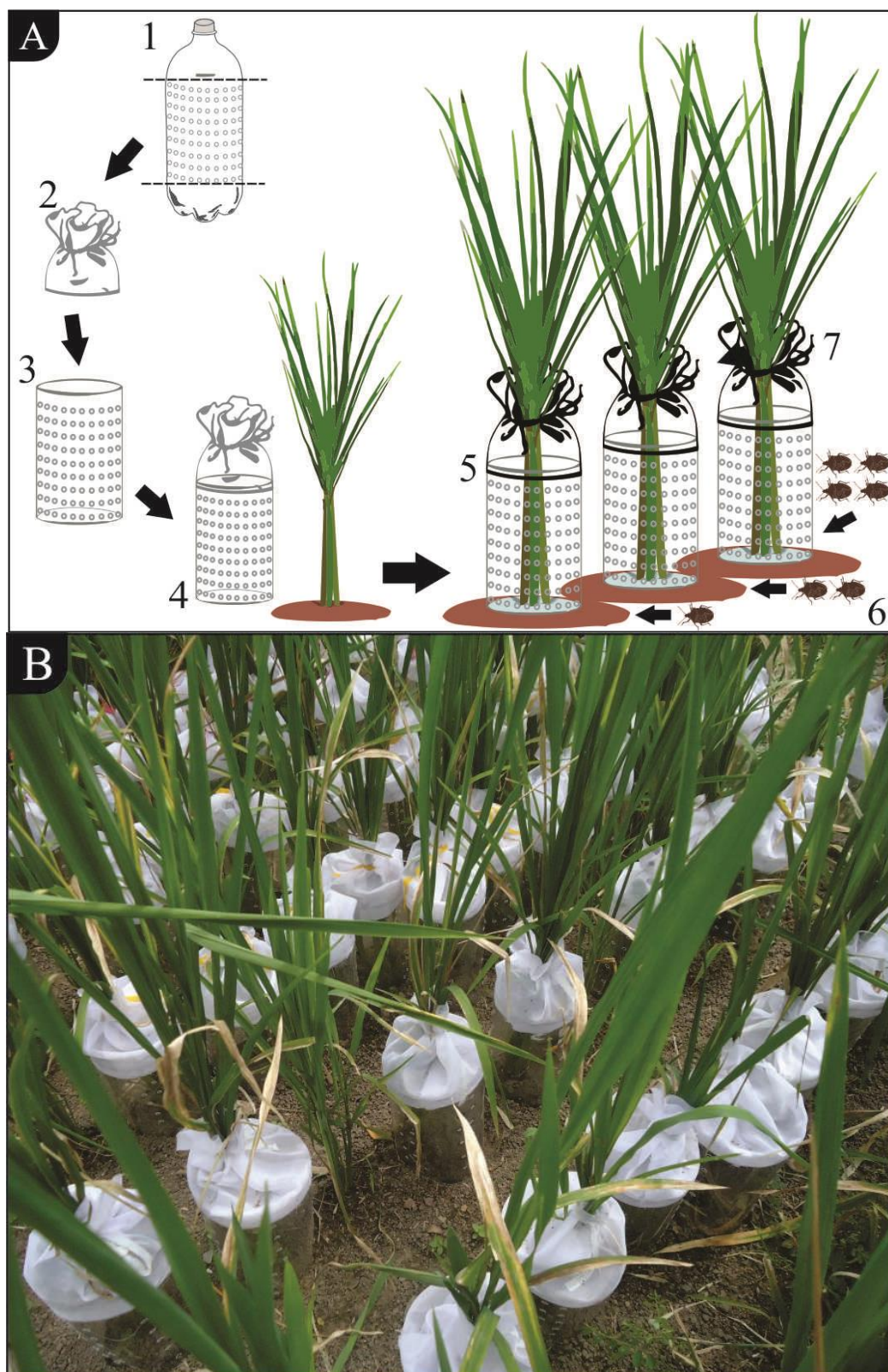
## Material and Methods

The study was carried out in 2011/2012 in an upland rice field, Cambará variety, at the Florentino Farm (7°07'45.71"S 55°23'21.13"W), municipality of Novo Progresso, state of Pará, Brazil. The experiments were conducted in three phenological stages of rice, two of them during the vegetative phase, V8 (formation of the collar in the 8th leaf of the main stem – approximately 59 days after emergence) and V12 stages (formation of the flag leaf – approximately 75 days after emergence), and one during reproductive stage R3/R4 (panicle exsertion or anthesis – approximately 92 days after emergence), according to the classification by Counce et al. (2000). For each phenological stage examined, four treatments were set up with 1, 2, and 4 adult *T. limbativentris* for each 3 rice plants. The insects were collected in the same field and maintained in containers with only water for 24 hours prior to the infestation in the treatments. Twenty replicates were set up per treatment, all with three

rice plants. Each replicate consisted of a cage made with 2-L PET plastic bottles with the ends removed. In one of the ends, veil fabric was glued around the edges of the cage. This portion with fabric was tied with fabric strips around the 3 plants of each replicate. The other end of the cage was buried 2 to 3 cm into the soil to prevent insects from escaping (Figure 4.1).

In each treatment, insects remained in contact with plants for seven days. After this period, to ensure that plants were not attacked by other insects, chemical control was carried out with permethrin (Pounce<sup>®</sup> 384 EC) until harvest. Cages were monitored daily and dead insects were replaced. In each treatment, heading time (panicle exsertion), the quantity of sterile panicles (white panicles) and dead hearts (non-release of panicle), number of primary ramifications, total number of spikelets per panicle, quantity of grains per panicle, number of empty spikelets, and the percentage of damage for each treatment in the different phenological stages (damage:  $US/TS \times 100$ , where US is the number of empty spikelets per panicle and TS is the total number of spikelets).

Normality was tested with the Shapiro-Wilk test with significance set at 5%. Assuming a normal distribution, the results were compared with an analysis of variance (ANOVA) and averages were analyzed with the Tukey test with significance set at 5%. When assumptions of normality were not met, the non-parametric Kruskal-Wallis test with significance set at 5% was used instead.



**Fig. 4.1** Model of the "cage" made with plastic bottles (2-L PET) for use in the experiment (A): 1) Perforated plastic bottle and the clipping regions; 2) veil fabric forming a fabric tunnel; 3) cut plastic bottle; d) fabric tube glued in the bottle; 4) cages placed on rice plants; 5) number of stink bugs that were placed in cages with plants; and 6) tied cage [closed] with a strip of fabric. (B): Cages installed in culture of rice containing stink bugs.

## Results

Heading time was affected by *T. limbativentris*. Plants with no insects took on average 90 days to panicle exsertion in all phenological stages analyzed. In the vegetative phase, the presence of at least one insect significantly increase heading time in three days, reaching 100 days in the V8 stage with the presence of 4 insects (Table 4.1). The different insect densities used in the vegetative phase R3/R4 did not affect heading time, since this stage coincides with the period of panicle exsertion. When the infestation of insects occurred during the vegetative stage, heading time increased proportionally with the number of insects per treatment (Table 4.1).

The percentage of white panicles in the treatments with insects varied between 18.2% for the infestation with one insect during the vegetative phase V12 and reached 38% for the infestation with four insects during the reproductive phase R3/R4 (Table 4.2). In the vegetative phase V8, the different insect densities did not affect the number of white panicles, since in this stage, panicle initiation had not started. The number of white panicles in the three phenological stages analyzed was higher in V12 and R3/R4 (Table 4.2). The percentage of dead hearts varied between 3.3% and 21.5% for the vegetative phase V8, and was under 1.7% for V12 with higher insect densities. Dead hearts were not observed in infested plants during the reproductive phase (Table 4.3).

**Table 4.1** Days (mean  $\pm$  SE<sup>2</sup>) to emission of the panicle after infestation with different numbers of stink bugs *Tibraca limbativentris* in rice plants at different growth stages. Novo Progresso – Pará State, Brazil. 2011-2012.

Number of stink bugs <sup>1</sup>		Phenological stages			H <sup>3</sup>	p-value
		V8	V12	R3/R4 <sup>ns</sup>		
Time to liberation (mean $\pm$ SE <sup>2</sup> )	0	90.1 $\pm$ 0.1 c	90.1 $\pm$ 0.1 c	90.1 $\pm$ 0.1	-	-
	1	93.4 $\pm$ 1.1 bA	91.0 $\pm$ 0.1 bB	90.1 $\pm$ 0.0 C	50.659	<0.0001
	2	95.3 $\pm$ 1.0 abA	92.3 $\pm$ 0.5 abA	90.1 $\pm$ 0.1 B	44.263	<0.0001
	4	100.0 $\pm$ 1.1 aA	93.9 $\pm$ 0.5 aB	90.2 $\pm$ 0.1 C	48.149	<0.0001
	H <sup>3</sup>	60.318	65.944	1.709	-	-
p-value		<0.0001	<0.0001	0.635	-	-

<sup>1</sup>Means followed by the same capital letter in the lines and lowercase letters in columns do not differ by <sup>3</sup>Kruskal-Wallis test ( $p < 0.05$ ). <sup>2</sup>SE: Standard Error. <sup>ns</sup>: not significant.

**Table 4.2** Mean number of white panicles after infestation with different amounts of stink bugs *Tibraca limbativentris* in rice plants at different growth stages. Novo Progresso – Pará State, Brazil. 2011-2012.

Number of stink bugs <sup>1</sup>		Phenological stages			H <sup>3</sup>	p-value
		V8	V12	R3/R4 <sup>ns</sup>		
White panicles (mean ± SE <sup>2</sup> )	0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 b	-	-
	1	0.0 ± 0.0 B	21.5 ± 5.5 aA	18.2 ± 3.8 aA	15.527	0.000
	2	0.0 ± 0.0 B	18.2 ± 4.5 aA	21.5 ± 4.3 aA	17.173	0.000
	4	0.0 ± 0.0 B	24.8 ± 4.7 aA	38.0 ± 6.0 aA	27.402	<0.0001
	H <sup>3</sup>	-	18.795	29.866	-	-
	p-value	-	0.000	<0.0001	-	-

<sup>1</sup>Means followed by the same capital letter in the lines and lowercase letters in columns do not differ by <sup>3</sup>Kruskal-Wallis test ( $p < 0.05$ ). <sup>2</sup>SE: Standard Error. <sup>ns</sup>: not significant.

**Table 4.3** Mean number of dead hearts after infestation with different amounts of stink bugs *Tibraca limbativentris* in rice plants at different growth stages. Novo Progresso – Pará State, Brazil. 2011-2012.

Number of stink bugs <sup>1</sup>		Phenological stages			H <sup>3</sup>	p-value
		V8	V12	R3/R4 <sup>ns</sup>		
Dead hearts (mean ± SE <sup>2</sup> )	0	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	-	-
	1	3.3 ± 3.3 <sup>ns</sup> b	0.0 ± 0.0 <sup>ns</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>ns</sup>	2.000	0.000
	2	9.9 ± 3.5 abA	1.7 ± 1.7 B	0.0 ± 0.0 B	9.860	0.000
	4	21.5 ± 4.3 aA	1.7 ± 1.7 B	0.0 ± 0.0 B	25.683	<0.0001
	H <sup>3</sup>	23.813	2.026	-	-	-
	p-value	<0.0001	0.567	-	-	-

<sup>1</sup>Means followed by the same capital letter in the lines and lowercase letters in columns do not differ by <sup>3</sup>Kruskal-Wallis test ( $p < 0.05$ ). <sup>2</sup>SE: Standard Error. <sup>ns</sup>: not significant.

The average number of primary ramifications ranged from  $5.9 \pm 0.4$  to  $12.3 \pm 0.2$  per panicle in treatments (Table 4.4). The infestations of insects during vegetative stages (V8 and V12) resulted in fewer primary ramifications when compared to the control group. The quantity of ramifications did not differ in the reproductive phase, since infestation in the stage R3/R4 coincides with panicle exsertion (including the number of ramifications) (Table 4.4).

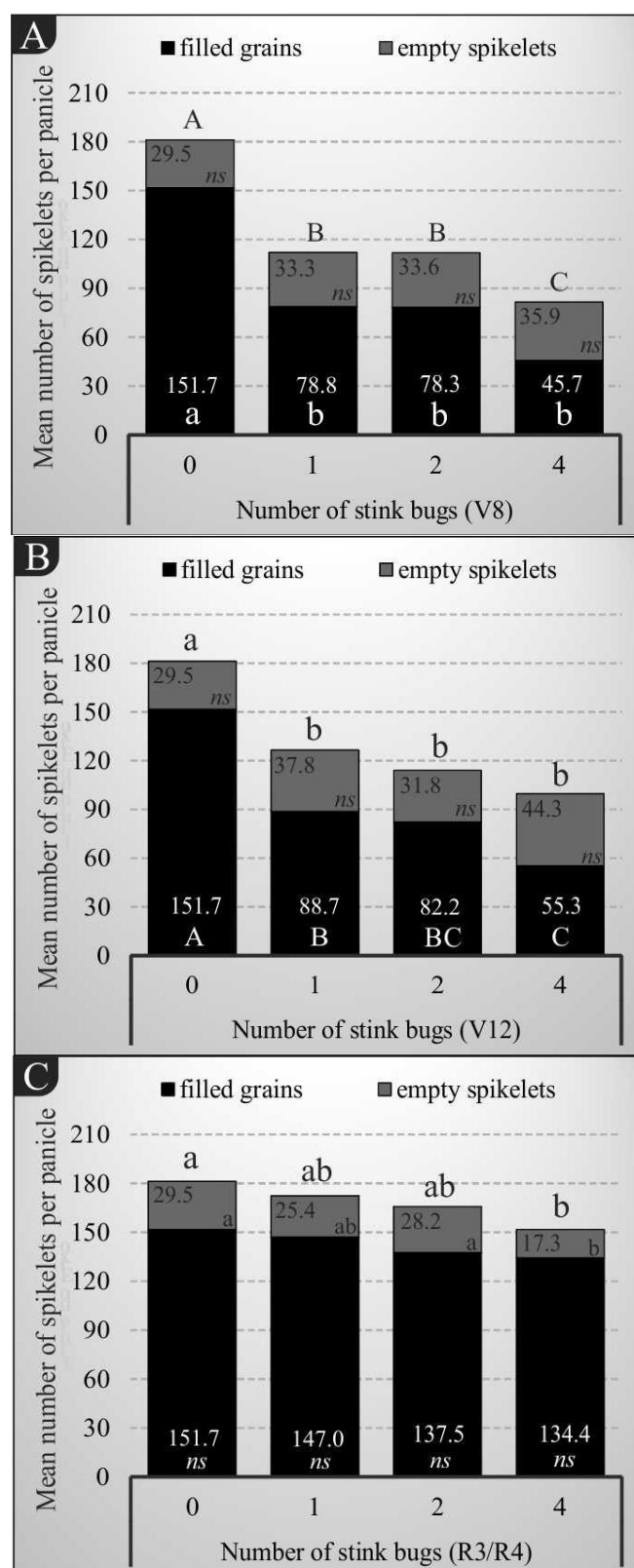
**Table 4.4** Mean number of primary ramifications per panicle after infestation with different amounts of stink bugs *Tibraca limbativentris* in rice plants at different growth stages. Novo Progresso – Pará State, Brazil. 2011-2012.

Number of stink bugs <sup>1</sup>		Phenological stages			H <sup>3</sup>	p-value
		V8	V12	R3/R4 <sup>NS</sup>		
Primary ramifications (mean ± SE <sup>2</sup> )	0	12.3 ± 0.2 A	12.3 ± 0.2 A	12.3 ± 0.2 A	-	-
	1	9.5 ± 1.1 bB	9.7 ± 0.4 bB	12.3 ± 0.3 a	27.829	<0.0001
	2	8.0 ± 0.3 bBC	9.3 ± 0.5 bB	11.8 ± 0.2 a	32.889	<0.0001
	4	5.9 ± 0.4 cC	9.4 ± 0.4 bB	11.7 ± 0.2 a	43.509	<0.0001
	H <sup>3</sup>	53.345	33.791	-	-	-
	F <sup>4</sup>			1.865		
	p-value	<0.0001	<0.0001	0.142	-	-

<sup>1</sup>Means followed by the same capital letter in the lines and lowercase letters in columns do not differ by <sup>3</sup>Kruskal-Wallis or <sup>4</sup>Tukey tests ( $p < 0.05$ ). <sup>2</sup>SE: Standard Error. <sup>NS</sup>: not significant.

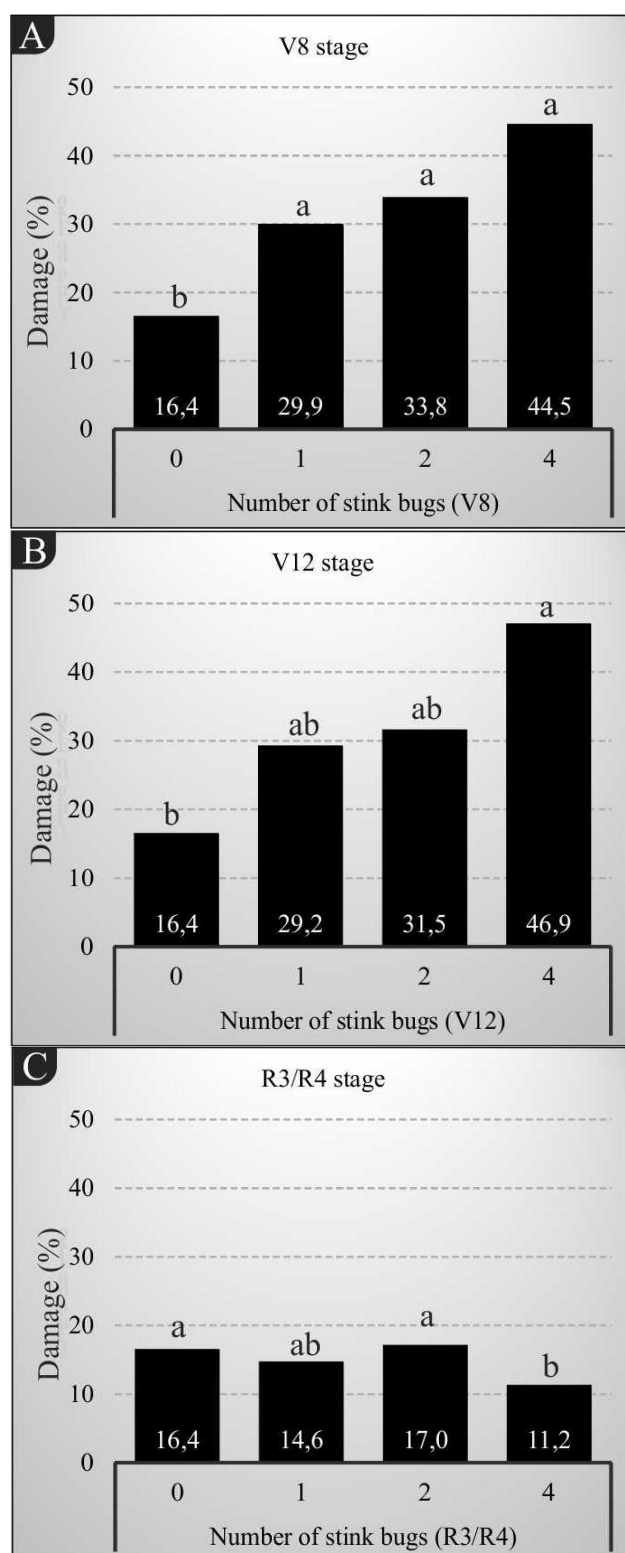
The quantity of empty spikelets was only affected in plants infested with four insects/plant, and was significantly higher in the vegetative phase ( $H = 20.020$ ;  $p = < 0.0001$ ) (Fig. 4.2). The quantity of full grains per panicle was affected only when infestations occurred during the vegetative phase, with significant differences already observed with one insect/plant in V8 as well as V12 (V8:  $H = 48.892$ ,  $p = < 0.0001$ ; V12:  $F = 28.599$ ,  $p = < 0.0001$ ) (Fig. 4.2ab). In the reproductive phase, the different infestations of insects did not cause differences in the quantity of full grains when compared to the control group (no insects) ( $H = 4.803$ ;  $p = 0.187$ ) (Fig. 4.2c). The total number of spikelets (full or empty) per panicle decreased significantly in all phenological phases, reaching over 50% in the vegetative stage V8 ( $F = 33.894$ ;  $p = < 0.0001$ ) for infestation with four insects, as well as significant reduction in V12 ( $H = 35.080$ ;  $p = < 0.0001$ ) and R3/R4 ( $H = 10.481$ ;  $p = 0.015$ ) (Fig. 4.2a-c).

The percentage of damage ( $US/TS \times 100$ ) in the vegetative phase varied between 29.2% for infestations with one insect/plant and over 44% for infestations with up to four insects, and under 17% in the reproductive stage (Fig. 4.3).



**Fig. 4.2** Mean number of filled grains (black columns), empty spikelets (gray columns), and total spikelets per panicle (black columns plus gray columns) after infestation with different amounts of adults of the *Tibraca limbativentris*. A) V8 stage; B) V12 stage; C) R3/R4 stage. Bars followed by the same lowercase letters between the various infestations do not differ by Tukey test, and uppercase by the Kruskal-Wallis test ( $p < 0.05$ ). NS= not significant.





**Fig. 4.3** Percentage of damage in rice grains production after infestation with adults *Tibraca limbativentris* in different phenological phases. A) V8 stage ( $H=29.944$ ,  $p<0.0001$ ); B) stage V12 ( $H=16.189$ ,  $p=0.001$ ); C) stage R3/R4 ( $H=12.118$ ,  $p=0.007$ ). Bars followed by different letters in the same infestations do not differ by Kruskal-Wallis test ( $p<0.05$ ).

## Discussion

The damage caused by nymphs and adults of *T. limbativentris* is the result of their feeding habits. By attacking plants older than 20 days, they cause partial or total necrosis of the central portion of stalks, due to the injection of toxic saliva (Ferreira et al. 1997). The perforation of stalks at the base of plants during the vegetative phase causes the condition known as “dead heart” (Ferreira 2006). This supports our findings, since this type of damage was only observed in the vegetative stages V8 and V12. Pantoja et al. (2007) also reported that yield losses caused by *T. limbativentris* occur when this insect attacks plants after they reach 30 days of age, during the vegetative phase. According to Arciniegas et al. (1999), when attacked by this insect before this age, rice plants can recover during the vegetative phase.

When the insect feeds in the upper portion of the stalk during the reproductive phase, the plant exhibits symptoms of “white panicle” or panicles with high percentage of empty spikelets (Ferreira 2006). Pantoja et al. (2007) reported the presence of white panicles after the infestation with stink bugs during the vegetative phase in 30 to 40 day-old plants. Our results support those found by Ferreira (2006), as we observed white panicles after infestations with the rice stalk stink bug in the reproductive stage R3/R4. However, unlike Pantoja et al. (2007), we did not observe white panicles in the vegetative stage V8. Only starting in the vegetative stage V12, infestations caused white panicles. According to Pinheiro (2006), this is the period of panicle differentiation and formation of primary and secondary ramifications, which can explain the high incidence of white panicles after infestations with *T. limbativentris* in the V12 stage.

The symptoms of white panicle and dead heart are not exclusive of the attack of *T. limbativentris*, as other rice pest insects are known for causing this type of damage in rice producing areas worldwide (Rubia-Sanches 1997; Islam and Karim 1997;

Sarwar 2012a,b). However, even if necrosis does not reach the remaining tissues of the plants attacked by the rice stalk stink bug and cause symptoms of dead heart and/or white panicle, the infestation can stunt plant growth (Ferreira et al. 1997). This was observed in our study as a delay of up to 10 days in panicle exertion in the vegetative stage V8. According to Ferreira and Martins (1984), as the stink bug pierces the plant to feed, sap flow in the stalk is constricted, resulting in the death of the plant above the site where the insect fed.

In addition, the increase in heading time may result in a cumulative delay in the remaining phenological development of the plant and at harvest time, many will not be completely formed, possibly creating several types of damage afterwards. According to Smiderle and Dias (2008), the occurrence of immature grains and high levels of moisture is one of the main causes of chalky (whitish) kernels, making them more prone to breaking during milling. In addition, the mixture of kernels with uneven maturation during harvest can increase the number of fissured kernels due to reabsorption of moisture by drier kernels (Castro et al. 1999).

Castro et al. (1999) reported that Brazilian consumers prefer translucent rice, with intact and uniform kernels. Therefore, it is important to avoid factors that may negatively affect the appearance and percentage of intact grains before the harvest as well as during rice milling. Even if rice is produced only for seed production, harvesting grains with high moisture levels causes an excessive number of immature seeds, which are unviable as seeds (Vieira et al. 2006; Smiderle and Dias 2008). Thus, the infestation by *T. limbativentris* can cause secondary damage, due to the delay in heading time and later maturation of kernels, as observed in our study.

Another factor associated with the quantity of kernels produced per panicle is the number of primary ramifications that will give rise to secondary ramifications, from

which spikelets (potential rice kernels) will develop (Pinheiro 2006). Therefore, any interference in rice stalks during the vegetative stage, before panicle formation, is expected to cause later damage in the quantity of spikelets. This is in agreement with our findings, as the number of primary ramifications was lower when infestations occurred in the vegetative stage, mainly in the V8 stage.

According to Costa and Link (1992), the percentage of damage that *T. limbativentris* can cause in rice crops resulting in yield losses depends on the phenological phase of the plant when the infestation occurs. These authors showed that a reduction in productivity of approximately 59 kg/ha and 65 kg/ha when one insect attacks rice plants in the vegetative and reproductive phases, respectively. In the reproductive phase, each insect can cause an average loss of 3.2 stalks (Costa and Link 1992). In our study, the economic damage in the vegetative phase alone by only one adult insect caused a decrease of nearly 30% in final production of kernels.

In our experiments, infestation with different quantities of insects lasted 7 days. Prando et al. (1993), Usta et al. (1994) and Silva et al. (2004) reported that the life cycle (egg-adult) of *T. limbativentris* is 60 to 72 days and its lifespan of adults is over 60 days. Therefore the damage caused by this insect can be even higher than those presented in this study. Insects can feed on rice plants during their entire development (approximately 125 days). The largest losses have been reported by Ferreira (2006), with damage of up to 80% due to the attack of large populations of *T. limbativentris* (up to 200 individuals/m<sup>2</sup>). Ferreira (2006) also reports that each nymph (fourth or fifth instar), and each adult insect infesting plants with up to 65 days can cause approximately six dead hearts and five white panicles in the following 35 days.

In Brazil, the chemical control of rice fields is usually recommended when the infestation in 40 to 50-day-old plants is between 1 and 2 stink bugs per 15 stalks

sampled (Ferreira et al. 1997; Martins et al. 2000). The damage observed in our study supports this action threshold. Also the monitoring of rice fields should be carried out during the entire vegetative stage, since damage was higher during this phase.

In addition, *T. limbativentris* adults and nymphs hide in stalks and host plants, near the ground, making their detection and control more difficult (Ferreira et al. 1997). According to Fritz et al. (2008), the use of insecticides in rice crops due to damage by insects is frequent. Therefore, when used, insecticides need to be applied correctly and safely, to protect human health and the biodiversity of these agroecosystems. Perfecto et al. (1997) pointed out that the indiscriminate use of pesticides contributes to increase pest resistance in crops and eliminate parasitoids and predators.

Based on these factors and the increase in infestations of *T. limbativentris* in rice fields in Brazil throughout the years, Rampelotti et al. (2007) pointed out the need to adopt alternatives that optimize insect control and minimize the use of conventional pesticides, such as entomopathogenic fungi. In addition, other alternatives can also be considered such as the use of natural enemies and green insecticides (less toxic to the environment).

Some researchers have already reported the natural occurrence of parasitoids of the rice stalk stink bug (Maciel et al. 2007; Riffel et al. 2010; Farias et al. 2012; Zachrinsson, *in press*, 2014). Other studies also demonstrated that the use of phytoinsecticides can be an important strategy in integrative pest management (IPM) (Isman, 2006), including microencapsulation for the application of phytoinsecticides (Winder et al. 2003; Suave et al. 2006; Dubey et al. 2009).

**Acknowledgments** I acknowledge the farmers of the Fazenda Florentino, Marlete Florentino, Eurides Florentino (*in memorian*) and Nadir de Lima Florentino (*in*

*memoriam*) for allowing this research on their property. I thank also the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), for providing scholarships.

**Conflict of interest**      The author have declared that no conflict of interest exists.

## References

Arciniegas IC, Pantoja A, Garcia C, Duque MC (1999) Umbral de aclón de *Hortencia similis* Walker y *Draeculacephala soluta* Gibbons (Homoptera: Cicadellidae) en el cultivo de arroz en el Valle del Cauca, Colombia. J Agric Univ Puerto Rico 83:65-74.

Borges M, Birkett M, Aldrich JR, Oliver JE, Chiba M, Murata Y, Laumann RA, Barrigossi JA, Pickett JA, Moraes MCB (2006) Sex attractant pheromone from the rice stalk stink bug, *Tibraca limbativentris* Stål. J Chem Ecol 32: 2749-2761.

Botton M, Martins JFS, Loeck AE, Rosenthal MDA (1996) Biology of *Tibraca limbativentris* Stål, 1860 on rice plants. An Soc Entomol Brasil 25: 21–26.

Castro EM, Vieira NRA, Rabelo RR, Silva AS (1999) Qualidade de grãos em arroz. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão: Circular Técnica, 34.

Costa EC, Link D (1992a) Avaliação de danos de *Tibraca limbativentris* Stål, 1860 (Hemiptera: Pentatomidae) em arroz irrigado. An Soc Entomol Brasil 21: 187-195.

Costa EC, Link D (1992b) Dispersão de *Tibraca limbativentris* Stål, 1860 (Hemiptera: Pentatomidae) em arroz irrigado. An Soc Entomol Brasil 21: 197-202.

Counce PA, Keisling TC, Mitchell AJ (2000) A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. Crop Science, Madison, v. Science 40, n. 2, p. 436-443.

Dubey R, Shami TC, Bhasker KUR (2009) Microencapsulation Technology and Applications. Defence Sci J 59: 82-95.

Farias PM, Sant'ana J, Redaelli LR, Nihei SS (2012) Tachinid flies associated to *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae). Fla Entomol 95: 221-223.

Fernandes JAM, Grazia J (1998) Revision of the genus *Tibraca* Stål (Heteroptera, Pentatomidae, Pentatominae). Rev Bras Zool 15: 1049-1060.

Ferreira E, Zimmermann FJP, Santos AB, Neves BP (1997) O percevejo-do-colmo na cultura do arroz. Goiânia: Embrapa: Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão: Documentos, 75.

Ferreira E (2006) Fauna prejudicial. In: Santos AB, Stone LF, Vieira NRA (eds.), A cultura do arroz no Brasil. 2. ed. rev. e ampl. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 485-560.

Fritz LL, Heinrichs EA, Pandolfo M, Salles SM, Oliveira JV, Fiuza LM (2008) Agroecossistemas orizícolas irrigados: insetos-praga, inimigos naturais e manejo integrado. Oecol Bras 12:720-732.

Islam Z, Karim A (1997) Whiteheads associated with stem borer infestation in modern rice varieties: an attempt to resolve the dilemma of yield losses. Crop Prot 4: 303-311.

Isman MB (2006) Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annu Rev Entomol 51: 45-66.

Jorge P (1999) Management of the brown pentatomid of rice in the Dominican Republic. Graphin News 18:8–9.

Maciel AAS, Lemos RNS, Souza JR, Costa VA, Barrigossi JAF, Chagas EF (2007) Parasitismo de ovos de *Tibraca limbativentris* Stål (Hemiptera: Pentatomidae) na cultura do arroz no Maranhão. Neotrop Entomol 36: 616-618.



Martins JFS, Cunha US, Oliveira JV (2000) Controle de insetos na cultura do arroz irrigado. In: Guedes JC, Costa ID (eds.) Bases e técnicas do manejo de insetos. Santa Maria: Pallotti, p.137-153.

Martins JFS, Grützmacher AD, Cunha US (2004) Descrição e manejo integrado de insetos-praga em arroz irrigado. In: Gomes AS, Magalhães-Junior AM (eds.) Arroz irrigado no Sul do Brasil. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, p.635- 675.

Panizzi AR, McPherson JE, James DG, Javahery M, McPherson RM (2000) Stink bugs (Pentatomidae). In: Schaefer CW, Panizzi AR (eds.). Heteroptera of Economic Importance. CRC Press, Boca Raton, FL. p. 421–474.

Pantoja A, Triana M, Bastidas H, García C, Meija DI, Duque MC (2007) Damage by *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) to rice in Southwestern Colombia. J Agric Univ Puerto Rico 91:11-18.

Perfecto I, Vandermeer J, Hanson P, Cartian V (1997) Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agro-ecosystem. Biodivers Conserv 6: 935-945.

Prando HF, Kalvelage H, Ferreira RA (1993) Ciclo de vida de *Tibraca limbativentris* Stål, 1860 (Hemiptera: Pentatomidae) em condições de laboratório. Revta Bras Ent 37: 335-339.

Pinheiro BS (1999) Características morfofisiológicas da planta relacionadas à produtividade. In: Vieira NRA, Santos AB, Sant'ana EP (eds.). A cultura do arroz no Brasil. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.116-147.

Rampelotti FT, Ferreira A, Prando HF, Grützmacher AD, Martins JFS, Tcacenco FA, Mattos MLT (2007) Patogenicidade de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin sobre as fases do desenvolvimento de *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) em condições de laboratório. Arq Inst Biol 74: 141-148.

Riffel CT, Prando HF, Boff MIC (2010) Primeiro relato de ocorrência de *Telenomus podisi* (Ashmead) e *Trissolcus urichi* (Crawford) (Hymenoptera : Scelionidae) como Parasitóides de ovos do Percevejo-do-Colmo-do-Arroz, *Tibraca limbativentris* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae), em Santa Catarina. Neotrop Entomol 39: 447-448.

Rubia-Sanchez EG, Nurhasyim D, Heong KL, Zalucki M, Norton GA (1997) White stem borer damage and grain yield in irrigated rice in West Java, Indonesia. Crop Protec 16: 665-671.

Sarwar M (2012a) Effects of potassium fertilization on population build up of rice stem borers (Lepidopteron pests) and rice (*Oryza sativa* L.) yield. J Cereal Oilseeds 3: 6-9.

Sarwar M (2012b) Study on the non aromatic rice (*Oryza sativa* L.) varietals resistance to rice stem borers (Lepidoptera: Pyralidae) and yield factors. Intl J Agron Plant Prod 3: 159-163.

Silva CCA, Cordeiro DM, Laumann R, Moraes MCB, Barrigossi JAF, Borges M (2004) Ciclo de vida e metodologia de criação de *Tibraca limbativentris* Stål, 1860 (Heteroptera: Pentatomidae) para estudos de ecologia química. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 78.

Smiderle OJ, Dias CTS (2008) Época de colheita e qualidade fisiológica de sementes em arroz irrigado (*Oryza sativa* cv. BRS Roraima). Pesq Agropec Tropic 38: 188-194.

Suave J, Dall'Agnol EC, Pezzin APT, Silva DAK, Meier MM, Soldi V (2006) Microencapsulação: Inovação em diferentes áreas. Health Environ J 7: 12-20.

Usta GA, Ortega ME, Perez CR, Loboton V (1994) Aspectos biológicos y fluctuación poblacional de *Tibraca limbatriventris* (Stål) 1860 (Hemiptera: Pentatomidae) en arroz. Arroz 391:20–27.

Winder RS, Wheeler JJ, Conder N, Otvos IS, Nevill R, Duan L (2003) Microencapsulation: a Strategy for Formulation of Inoculum. Biocontrol Sci Tech 13: 155-169.

Zachrinsson B (2014 *in press*) Parasitismo de huevos de *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae), em arroz (*Oryza sativa* L) em Panamá. Rev Colon Entomol

## Capítulo 5

### **Danos causados por *Oebalus poecilus* (Hemiptera, Pentatomidae) em diferentes estádios fenológicos de panículas de arroz de terras altas cultivado no município de Novo Progresso, região amazônica, estado do Pará\***

Diones Krinski

\*À ser submetido para o Journal of Economic Entomology  
(Normas e instruções aos autores em anexo – página 265)

*"Nós não herdamos a terra de nossos pais,  
nós a tomamos emprestada para nossos filhos".  
(Lester Brown)*

Krinski: Danos de *Oebalus poecilus* em  
arroz de terras altas da região Amazônica  
Journal of Economic Entomology  
Field and Forage Crops

D. Krinski  
Universidade Federal do Paraná  
Setor de Ciências Biológicas  
Bairro Jardim das Américas, Caixa  
Postal 19020, 81531-980, Curitiba,  
PR, Brazil.  
E-mail: [diones.krinski@ufpr.br](mailto:diones.krinski@ufpr.br)

**Danos causados por *Oebalus poecilus* (Hemiptera, Pentatomidae) em  
diferentes estádios fenológicos de panículas de arroz de terras altas cultivado  
no município de Novo Progresso, região amazônica, estado do Pará**

D. Krinski<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, Brazil, Caixa Postal 19020,  
81531-980

**Resumo:** *Oebalus poecilus* está entre os percevejos de grande importância econômica para os produtores de arroz do Brasil, tanto em sistemas de cultivos irrigados, por inundação ou de terras altas. Estes pentatomídeos são conhecidos como percevejos-das-panículas, pois tanto ninfas quanto adultos alimentam-se principalmente nas panículas e devido à alimentação direta nestas estruturas, provocam reduções quantitativas e qualitativas na produção de grãos. Os ataques resultam em sementes com manchas, menor massa, redução germinativa e grãos com má aparência. Considerando estes fatores, o objetivo deste trabalho foi avaliar as perdas quantitativas e qualitativas em cultivar comercial de arroz de terras altas, variedade Cambará, submetido a diferentes níveis populacionais do percevejo-das-panículas, *O. poecilus* em diferentes estádios de desenvolvimento das inflorescências do arroz. Os resultados mostram que no arroz de terras altas, os grãos de arroz são suscetíveis aos danos quantitativos (quantidade e peso dos grãos) e qualitativos (grãos manchados, atrofiados, gessados e quebrados) ao longo de todo o desenvolvimento das panículas. Todavia, quando os insetos se alimentam durante as fases de antese/cariopse e leitosa ocasionam percentuais significativamente maiores de grãos vazios (até 83%) do que quando se alimentaram de grãos em fases posteriores de desenvolvimento da panícula. Esta característica também foi observada para a redução do peso dos grãos. Estas informações podem beneficiar produtores e outros pesquisadores, permitindo-lhes concentrar os esforços de monitoramento de *O. poecilus* nas fases mais susceptíveis ao ataque deste inseto para tomadas de decisões mais bem informadas sobre quando e quais medidas de controle devem ser tomadas, visando o controle do percevejo das panículas.

**Palavras-chave:** percevejo da panícula, nível de dano, manejo integrado de pragas.

**Damage caused by *Oebalus poecilus* (Hemiptera, Pentatomidae) on different growth stages of panicles of upland rice cultivated in the municipality of Novo Progresso, Amazon rainforest region, state of Pará, Brazil**

**Abstract:** *Oebalus poecilus* is among the stinkbug species of great economic importance for rice producers in Brazil, both in irrigated, flood or upland cropping systems. These pentatomids are known as stink bugs-of-panicles, because both nymphs and adults feed mainly panicle. The direct feed in these structures cause quantitative and qualitative reductions in grain production. The attacks this insect result in seeds with spots, lower mass, germinative reduction and deformed grains. Considering these factors, the aim of this study was to evaluate the quantitative and qualitative losses in commercial cultivar of upland rice, variety Cambará, submitted to different population levels stink bug-of-panicles, *O. poecilus* at different stages of development of inflorescences rice. The results show that in upland rice, the rice grains are susceptible to damage quantitative (number and weight) and qualitative (spotted grains, atrophy, chalky and broken) during all development of the panicles. However, when the insects feed during anthesis/caryopsis and milky phases cause percentage significantly greater of empty grains (up to 83%) than when they feed of grains during later phases of panicle development. This characteristic was also observed for the reduction in grain weight. This information can benefit producers and other researchers, allowing them to focus the monitoring efforts of *O. poecilus* in phases most susceptible the attack this insect. This provides decision-making about when and what control measures should be made, in order to control stink bug-of-panicles.

**Keywords:** stink bug-of-panicles, damage level, integrated pest management.

## Introdução

DENTRE AS PRINCIPAIS PRAGAS DO ARROZ, os percevejos do gênero *Oebalus* (Hemiptera, Pentatomidae), especialmente *Oebalus poecilus* (Dallas 1851), são insetos de grande importância econômica para os produtores de arroz do Brasil, tanto em sistemas de cultivos irrigados, por inundação ou de terras altas (Vieira et al. 1999; Silva et al. 2002).

Estes pentatomídeos são conhecidos como percevejos-das-panículas, pois tanto ninfas quanto adultos alimentam-se principalmente desta parte da planta. Durante o período de desenvolvimento das espiguetas, devido à alimentação direta nestas estruturas, estes insetos provocam reduções quantitativas e qualitativas na produção de grãos (Fritz et al. 2008; Ferreira et al. 2002; Vieira et al. 1999). Os ataques mais severos resultam na formação de sementes com manchas no endosperma, menor massa, redução do poder germinativo e grãos com aparência “gessada” e de tamanho irregular, que geralmente se quebram durante o beneficiamento (Chaves et al. 2001; Silva et al. 2002; Ferreira et al. 2002).

Além disso, a intensidade de manchas nos grãos de arroz pode aumentar de acordo com a atividade alimentar de *O. poecilus*, que são vetores de vários fungos (Kennard 1966, Antoniolli 1988). Os tipos de danos causados por *O. poecilus* são bastante conhecidos para culturas de arroz irrigado ou de inundação (Ferreira e Barrigossi 2006; Ferreira et al. 2002). No entanto, são incipientes as informações dos prejuízos que este percevejo pode causar em arroz de terras altas, principalmente em novas áreas agrícolas, como por exemplo, em cultivos realizados no estado do Pará, região de floresta Amazônica.

Segundo Albuquerque (1993), o ciclo de vida de *O. poecilus* é sincrônico com o das suas plantas hospedeiras, e seu sucesso como praga de arroz está intimamente

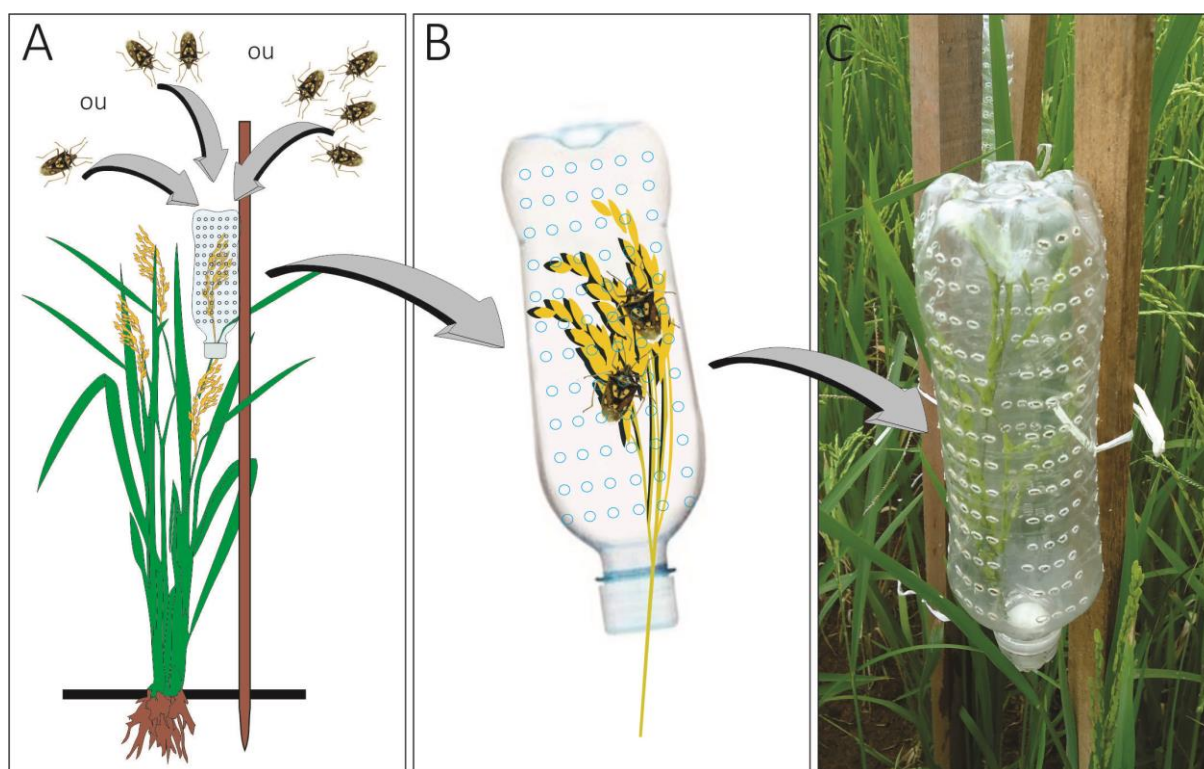


ligado ao estágio fenológico das plantas, já que o cultivo ocorre justamente durante a fase ativa desta espécie de pentatomídeo (Greve et al. 2003). Como a intensidade do ataque de percevejos está relacionada com o estágio de desenvolvimento da panícula, as perdas resultantes desse ataque em diferentes estádios de desenvolvimento das inflorescências de arroz são, provavelmente, variáveis. O objetivo deste trabalho foi avaliar as perdas quantitativas e qualitativas em cultivar comercial de arroz de terras altas, variedade Cambará, submetido a diferentes níveis populacionais do percevejo-das-panículas, *O. poecilus*.

### **Material e Métodos**

O estudo foi realizado durante a safra de arroz 2011/2012 sob condições de campo, em uma plantação de arroz de terras altas (variedade Cambará), na Fazenda Florentino (7°07'45.71"S 55°23'21.13"W), município de Novo Progresso, estado do Pará, Brasil. Os experimentos foram realizados em 3 estádios fenológicos reprodutivos das panículas, de acordo com a classificação de Counce et al. (2000): R4/R5 (antese/crescimento da cariopse); R6 (enchimento dos grãos – estágio de grão leitoso) e R7 (enrijecimento dos grãos – estágio ceroso e massa dura). Para cada estágio fenológico foram realizados 3 tratamentos, com um, dois e quatro adultos de *O. poecilus* para cada inflorescência de arroz, além do tratamento controle (sem percevejos), perfazendo assim 10 tratamentos. Cada tratamento constou de 30 repetições, todas contendo uma panícula de arroz. Os percevejos utilizados nos experimentos foram coletados de populações naturais encontrados na própria plantação, os quais foram mantidos em gaiolas com alimento e água por 48 h e apenas insetos saudáveis foram considerados para a realização dos experimentos.

Para a individualização do número de percevejos em cada tratamento, utilizaram-se “gaiolas” feitas com garrafas plásticas transparentes de 500 ml (tipo PET). Estas garrafas foram perfuradas para permitir a ventilação natural. No campo, as garrafas foram fixadas, viradas com a abertura para baixo, em estacas de madeira, que foram alocadas do lado das plantas escolhidas aleatoriamente para os experimentos. As panículas foram colocadas dentro de cada garrafa, tomando-se o cuidado para não causar injúrias nas panículas de arroz e nas plantas. Após o acondicionamento das panículas nas garrafas, as diferentes quantidades de percevejos foram colocadas dentro de cada repetição. A abertura de cada garrafa foi tampada com algodão umedecido e serviu como fonte de água para os insetos (Fig. 5.1).



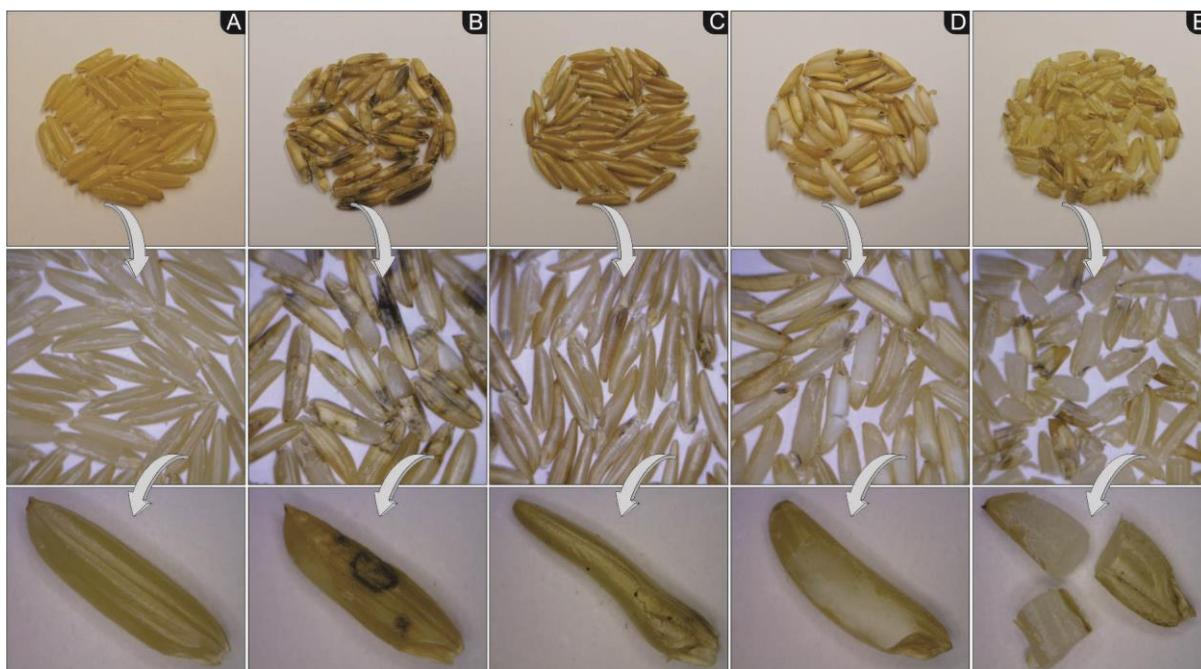
**Fig. 5.1.** Experimento para isolamento dos percevejos em cada tratamento. A) Esquematização da estrutura montada em cada planta de arroz; B) Detalhe dos percevejos e panícula dentro da “gaiola”; e C) Estrutura montada em campo.

A duração do experimento foi de 7 dias. Após este período, para garantir que as plantas não fossem atacadas por outros insetos, utilizou-se semanalmente o controle químico com permetrina (Pounce® 384 EC) até a colheita. As gaiolas foram monitoradas diariamente, para substituição de percevejos mortos. As panículas foram colhidas após a completa maturação dos grãos, e foram levadas para o laboratório, onde se procedeu à debulha manual e o acondicionamento das espiguetas em envelopes de papel devidamente identificados.

Após a secagem, as espiguetas foram pesadas, classificadas como "vazias" ou "cheias (com grãos)" e em seguida, as espiguetas foram descascadas utilizando o Provador Zaccaria de Arroz, modelo PAZ-1-DTA. Em cada tratamento, avaliou-se a quantidade de grãos cheios, a quantidade de espiguetas vazias, quantidade de grãos saudáveis, quebrados (quirera) e avariados (manchados, atrofiados, gessados) (Fig. 5.2). O grão gessado é caracterizado pela coloração totalmente opaca, semelhante ao gesso (Ishyamaru et al. 2009). O grão atrofiado ocorre quando o grão não se desenvolve normalmente devido a alimentação dos percevejos nas espiguetas, geralmente em espiguetas com endosperma leitoso (Ferreira and Barrigossi 2006).

Avaliou-se o peso total dos grãos por panícula, o peso dos grãos saudáveis, manchados e quebrados. Também foram analisadas as porcentagens de danos na quantidade de grãos por panícula (PDQG) calculado pela seguinte equação:  $PDQG = [(NGM + NGA + NG) / TG] * 100$ , onde NGM= número de grãos manchados, NGA= número de grãos atrofiados, NGG= número de grãos gessados, e TG= número total de grãos por panícula. E as porcentagens de danos no peso dos grãos por panícula (PDPG) calculado pela seguinte equação:  $PDPG = [(PGM + PGA + PGG + PGQ) / PTG] * 100$ , onde PGM= peso de grãos manchados, PGA=

peso de grãos atrofiados, PGG= peso de grãos gessados, PGQ= peso de grãos quebrados, e PTG= peso total de grãos por panícula.



**Fig. 5.2.** Tipos de grãos. A) grãos saudáveis; B) grãos manchados; C) grãos atrofiados; D) grãos gessados; e E) grãos quebrados (quirera).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado e a condição de normalidade dos dados foi feita pelo teste de Shapiro-Wilk. Aqueles que apresentaram distribuição normal foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e à comparação de médias pelo teste de Tukey a 5%. Os dados que não apresentaram distribuição normal foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis a 5%, ambos utilizando o programa Statistica 7.0.

## Resultados

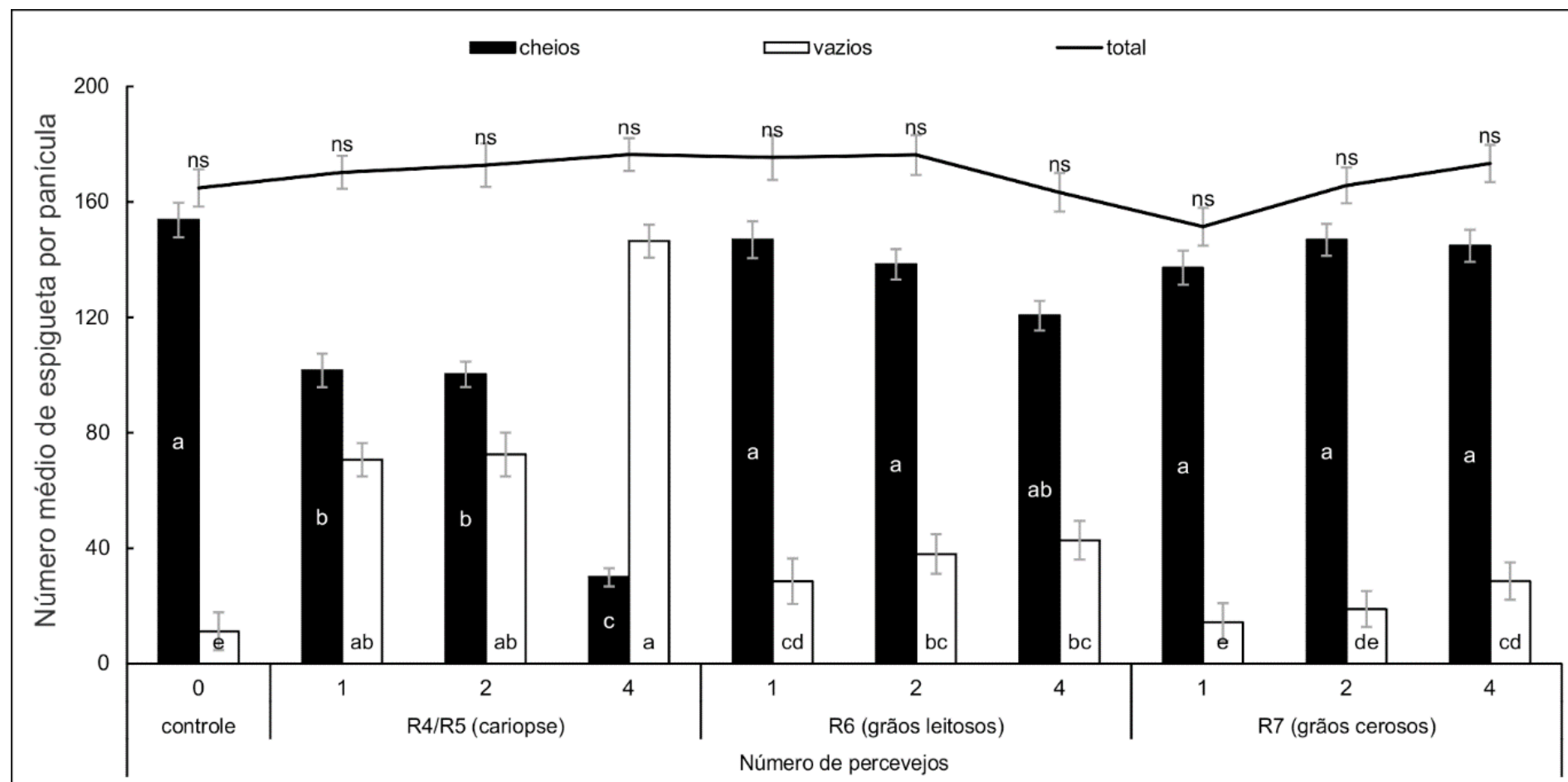
O número total de espiguetas não mostrou diferença estatística nas infestações entre todos os estádios de desenvolvimento da panícula analisados. O número médio de espiguetas cheias e de espiguetas vazias variaram de  $29.9 \pm 3.1$  a  $153.7 \pm 6.0$  e  $11.2 \pm 0.7$  a  $146.4 \pm 5.4$  respectivamente (Fig. 5.3). O número médio de grãos saudáveis variou de  $16.8 \pm 2.7$  a  $111.2 \pm 5.4$  e foi mais afetado quando a infestação ocorreu com quatro percevejos no estádio R4/R5 (antese/crescimento da cariopse). No entanto, a presença de pelo menos um percevejo em todos os estádio fenológicos testados foi suficiente para reduzir significativamente o número de grãos saudáveis. O número médio de grãos manchados por panícula variou de  $8.3 \pm 1.3$  a  $19.6 \pm 1.8$  e foi maior nos estádios R6 e R7. O número médio de grãos atrofiados por panícula variou de  $3.4 \pm 0.4$  a  $8.9 \pm 1.0$  sendo maior no estádio R6 e o número médio de grãos gessados variou de  $1.0 \pm 0.3$  a  $7.4 \pm 1.0$  sendo maior no estádio R7 (Tabela 5.1). A porcentagem de grãos saudáveis, manchados, gessados e atrofiados apresentou resultados significativos entre os estádios fenológicos e quantidade de percevejos utilizados. No tratamento controle a porcentagem de grãos saudáveis foi maior que 80%, e entre os estádios analisados apresentou menores valores nos estádios R4/R5, R6 e R7, nesta ordem, para infestações com quatro, dois e um percevejo respectivamente (Tabela 5.1).

A porcentagem de grãos manchados e atrofiados chegou a 32,5% e 12,5% respectivamente, ambos no estádio R4/R5 com a infestação de quatro percevejos. No estádio R6 estes valores chegaram a 20.3% e 8.0% para infestações com até dois percevejos. No estádio R7 a porcentagem de grãos atrofiados e manchados foi de 4.9% e 15.9% para as infestações com um e dois percevejos respectivamente. A

porcentagem de grãos gessados foi de 4.8% no estágio R4/R5 para a infestação com dois percevejos, e de 4.3% (R6) e 6,9% (R7) ambos para a infestação com apenas um percevejo (Tabela 5.1).

Quando as porcentagens foram analisadas ao longo de todos os estádios fenológicos e entre todos os tratamentos, a porcentagem de grãos saudáveis foi significativamente menor nas infestações com dois e quatro percevejos no estágio R4/R5, e com dois percevejos no estágio R6. A porcentagem de grãos manchados foi significativamente maior no estágio R4/R5 com infestações de quatro percevejos, e na R6 com dois percevejos. As maiores porcentagens de grãos atrofiados foram observados em todas as infestações dos estádios R4/R5 e R6 e nas infestações com um percevejo no estágio R7. Já os maiores valores de grãos gessados foram observados no estágio R7 na infestação com um percevejo (Fig. 5.4).

O peso total de grãos por panícula variou de 0.56 a 3.18 gramas entre os tratamentos, sendo menor nos tratamentos realizados no estágio R4/R5, após a infestação com quatro percevejos. O peso médio dos grãos saudáveis variou de 0.40 a 2.70 g entre os tratamentos. Os menores pesos para o total de grãos em cada estágio fenológico analisado foram de 0.56 g (R4/R5); 2.09 g (R6) e 2.47 g (R7) para as infestações com quatro percevejos respectivamente. Este mesmo padrão foi verificado para os pesos dos grãos saudáveis (Tabela 5.2). O peso médio dos grãos avariados (manchados, atrofiados e gessados somados) variou de 0.10 a 0.44 gramas. E o peso dos grãos quebrados (quirera) variou de 0.07 a 0.51 g entre os tratamentos, com os maiores valores observados no estágio R7 (Fig. 5.5, Tabela 5.2). As maiores reduções no peso total de grãos e no peso dos grãos saudáveis ocorreram nas infestações a partir de um percevejo, no estágio R4/R5 com reduções menores nos estádios R6 e R7 nesta ordem (Fig. 5.5, Tabela 5.2).



**Fig. 5.3** Número médio total (linha) de espiguetas (cheias e vazias), número médio de espiguetas cheias (barras pretas) e número médio de espiguetas vazias (barras brancas) por panícula de arroz após infestação com diferentes quantidades de *Oebalus poecilus* ao longo de todos estágios fenológicos analisados. Novo Progresso/PA, Brasil. 2011-2012. Colunas de mesma cor seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste Kruskal-Wallis; NS= não significativo.

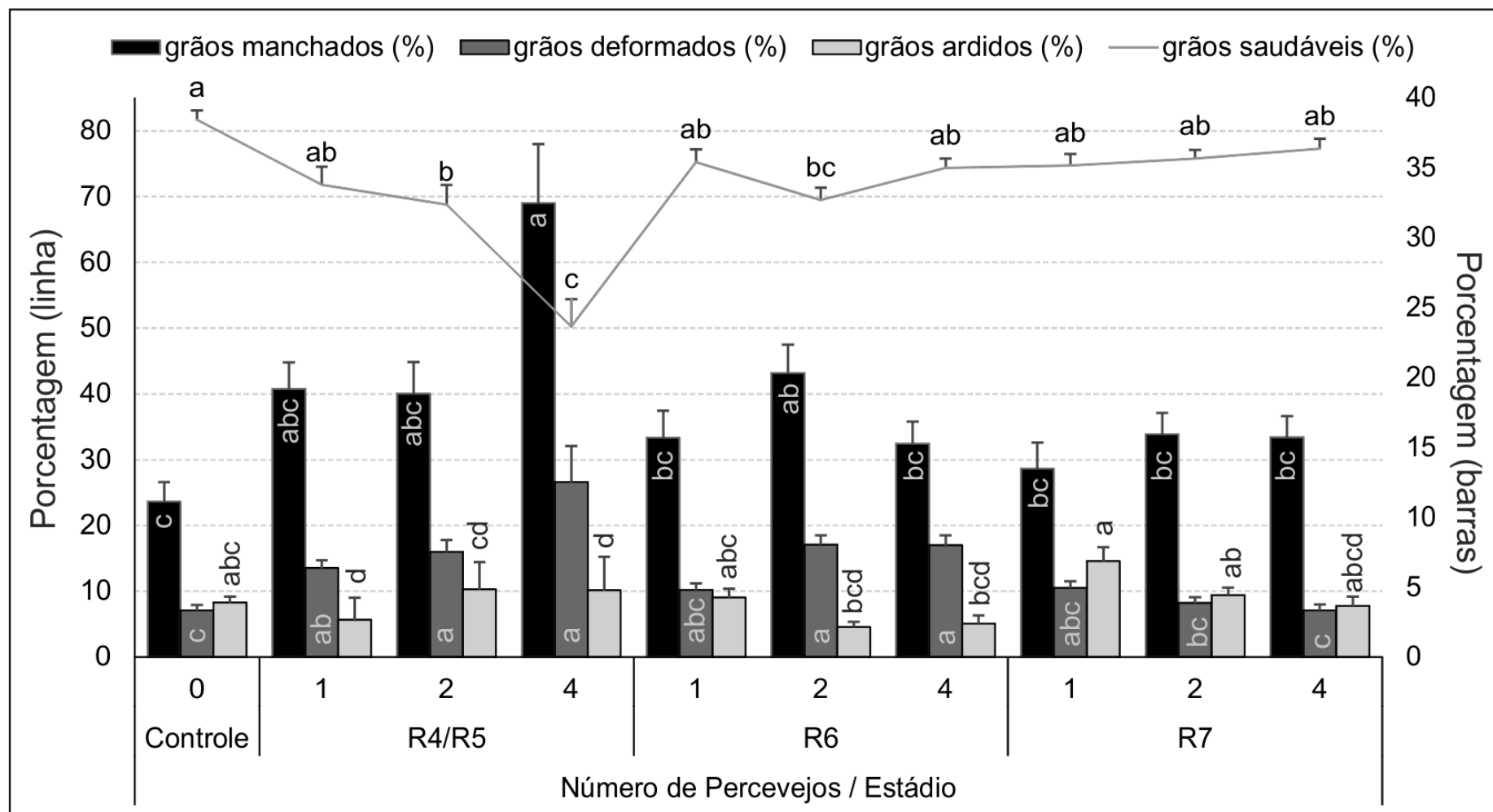
**Tabela 5.1. Totais e porcentagens médias de grãos saudáveis, manchados, atrofiados e gessados por panícula de arroz após infestação com diferentes quantidades de *Oebalus poecilus* ao longo de todos estágios fenológicos analisados. Novo Progresso/PA, Brasil. 2011-2012.**

Estádio fenológico	Variáveis (média <sup>1</sup> ±SE <sup>4</sup> )				
	Nº de percevejos	Grãos saudáveis	Grãos manchados	Grãos atrofiados	Grãos gessados
Controle	0	111.2±5.4 a (81.7%)	14.3±1.8 ab (11.1%)	4.7±0.7 bc (3.3%)	5.4±0.6 a (3.9%)
R4/R5 (antese/cariopse)	1	56.7±4.8 c (71.8%)	14.1±1.4 ab (19.2%)	4.8±0.4 abc (6.3%)	2.0±1.1 de (2.6%)
	2	54.9±4.6 c (68.8%)	13.1±1.2 ab (18.8%)	6.0±0.7 abc (7.5%)	2.9±1.1 cde (4.8%)
	4	16.8±2.7 d (50.2%)	8.3±1.3 b (32.5%)	3.4±0.7 c (12.5%)	1.0±0.3 e (4.7%)
R6 (grão leitoso)	1	84.8±5.6 b (75.2%)	15.7±1.3 a (15.7%)	5.6±0.7 abc (4.8%)	5.1±0.9 abc (4.3%)
	2	73.3±4.6 bc (69.5%)	19.6±1.8 a (30.3%)	8.9±1.0 a (8.0%)	2.2±0.4 bcde (2.1%)
	4	66.7±3.9 bc (74.4%)	12.7±1.1 ab (15.3%)	7.6±0.9 ab (8.0%)	2.1±0.5 bcde (2.4%)
R7 (grão ceroso)	1	81.0±4.9 b (74.7%)	13.5±1.8 ab (13.5%)	5.4±0.6 abc (4.9%)	7.4±1.0 a (6.9%)
	2	83.3±4.8 b (75.8%)	15.9±1.3 a (15.9%)	4.2±0.5 bc (3.9%)	4.9±0.6 ab (4.4%)
	4	81.8±5.1 b (77.3%)	15.3±1.5 a (15.7%)	3.4±0.4 c (3.3%)	3.9±0.7abcd (3.7%)
H <sup>2</sup>		-	35.376	45.390	89.314
F <sup>3</sup>		27.836	-	-	-
p-valor		0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem pelos testes <sup>2</sup>Kruskal-Wallis ou <sup>3</sup>Tukey ( $p < 0.05$ ). <sup>4</sup>SE: Erro Padrão.

Os danos referentes à quantidade de grãos produzidos após as diferentes infestações entre os estádios fenológicos chegam a 49,8 % no estágio R4/R5, após a infestação com quatro percevejos. Os danos relacionados à redução do peso (massa) dos grãos produzidos e viáveis chegou a 39,7 %, no estágio R6 com infestações de dois percevejos. No entanto, o peso apresentou redução significativa já após a infestação com apenas 1 percevejo no estágio R4/R5, aumentando nos estágios R6 e R7 (Fig. 5.6 e Tabela 5.3).



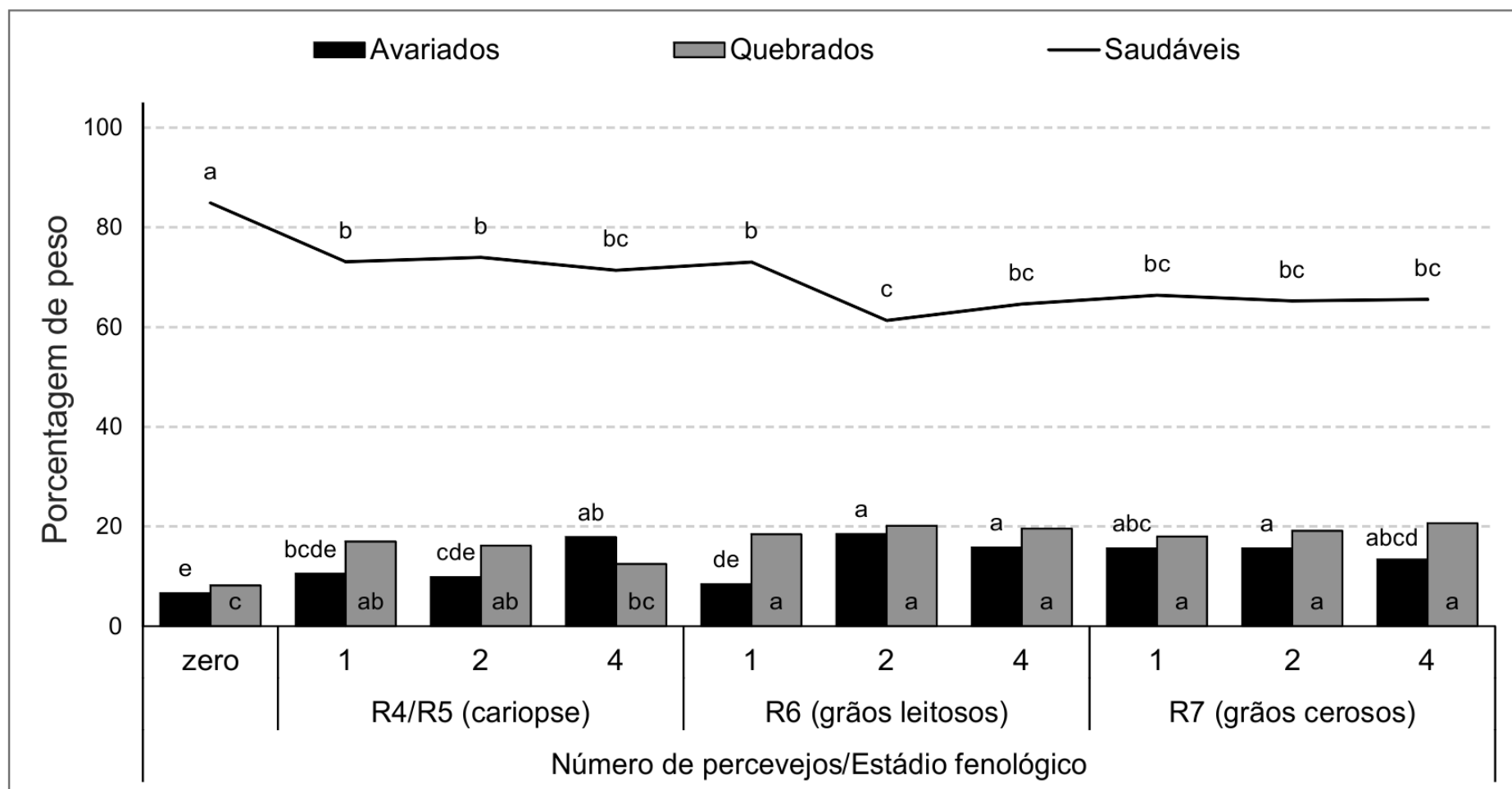


**Fig. 5.4.** Porcentagem de grãos saudáveis (linha), manchados, atrofiados e gessados (barras) por panícula de arroz após infestação com diferentes quantidades de *Oebalus poecilus* ao longo de todos estágios fenológicos analisados. Novo Progresso/PA, Brasil. 2011-2012. Colunas e linha de mesma cor seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste Kruskal-Wallis.

**Tabela 5.2. Peso total médio dos grãos por panícula, peso médio de grãos saudáveis, avariados (manchados, atrofiados e gessados), quebrados (quirera) e porcentagem de danos sobre o peso dos grãos após infestação com diferentes quantidades de *Oebalus poecilus* em cada estágio fenológico analisado. Novo Progresso/PA, Brasil. 2011-2012.**

Estádio fenológico	Peso (gramas)				
	Nº de percevejos	Peso total dos grãos	Grãos saudáveis	Grãos avariados	Grãos quebrados
R4/R5 (antese/cariopse)	0	3.18±0.22 a	2.70±0.21 a	0.21±0.03 a	0.26±0.02 a
	1	1.71±0.11 b	1.25±0.10 b	0.18±0.02 a	0.29±0.02 a
	2	1.73±0.10 b	1.28±0.10 b	0.17±0.02 a	0.28±0.02 a
	4	0.56±0.09 c	0.40±0.06 c	0.10±0.02 b	0.07±0.01 b
	H	83.412	82.583	19.031	49.530
	p-valor	< 0.0001	< 0.0001	0.000	< 0.0001
R6 (grão leitoso)	0	3.18±0.22 a	2.70±0.21 a	0.21±0.03 b	0.26±0.02 b
	1	2.60±0.16 ab	1.90±0.16 b	0.22±0.02 b	0.48±0.02 a
	2	2.38±0.11 bc	1.46±0.09 bc	0.44±0.03 a	0.48±0.04 a
	4	2.09±0.11 c	1.35±0.09 c	0.33±0.02 a	0.41±0.03 a
	H	24.245	41.310	47.438	32.030
	p-valor	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
R7 (grão ceroso)	0	3,18±0,22 a	2,70±0,21 a	0,21±0,03 b	0,26±0,02 b
	1	2,50±0,12 ab	1,66±0,10 b	0,39±0,03 a	0,45±0,03 a
	2	2,56±0,10 ab	1,67±0,09 b	0,40±0,02 a	0,49±0,03 a
	4	2,47±0,14 b	1,62±0,12 b	0,33±0,03 a	0,51±0,03 a
	H	10,513	31,985	34,384	-
	F	-	-	-	14.1969
	p-valor	0,015	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas não diferem pelos testes <sup>2</sup>Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ). <sup>3</sup>SE: Erro Padrão.



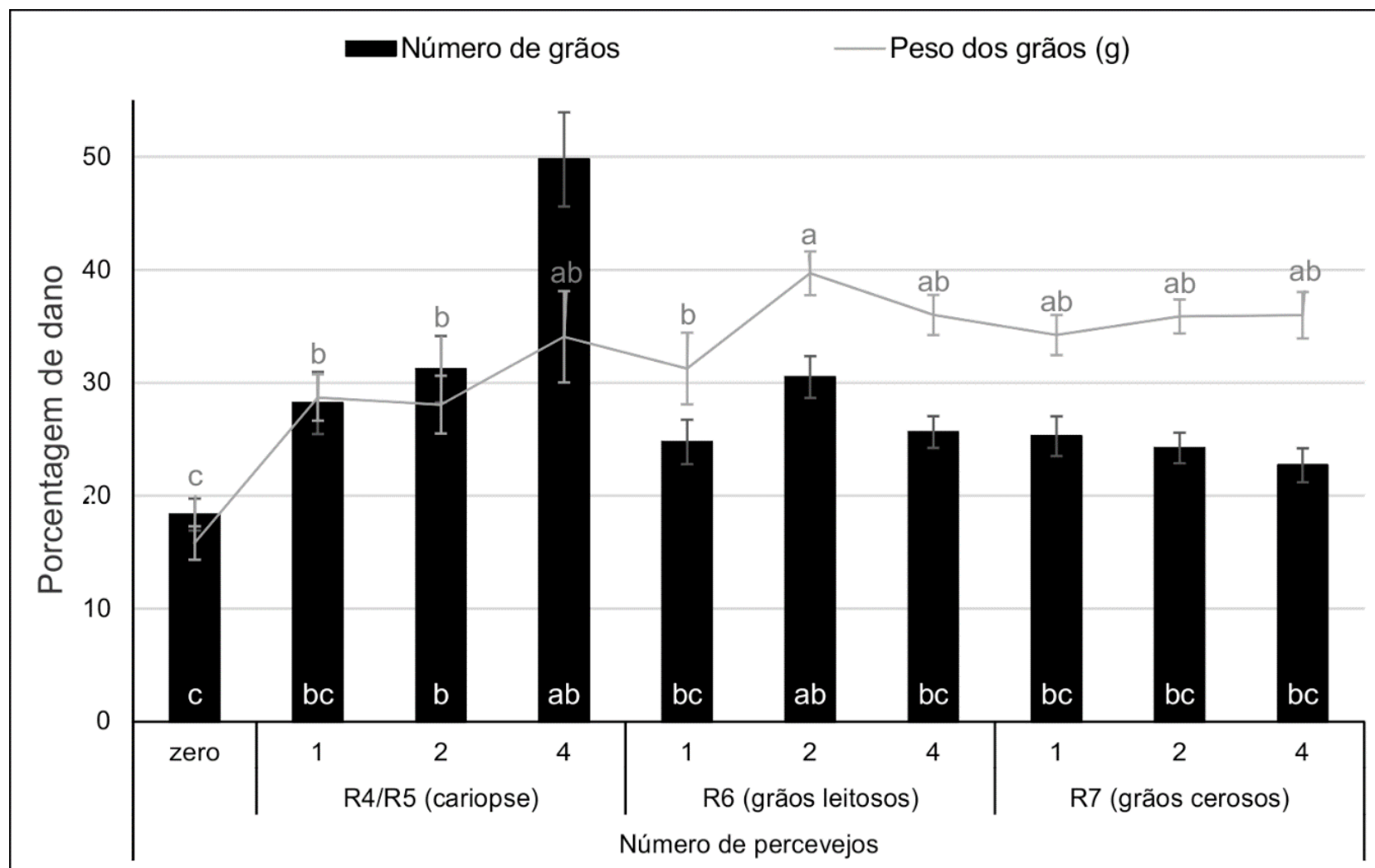
**Fig. 5.5.** Porcentagens médias do peso dos grãos saudáveis, avariados (manchados, atrofiados e gessados) e quebrados (quirera) por panícula de arroz após infestação com diferentes quantidades de *Oebalus poecilus* ao longo de todos estágios fenológicos analisados. Novo Progresso/PA, Brasil. 2011-2012. Colunas e linha de mesma cor seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste Kruskal-Wallis.

**Tabela 5.3. Porcentagem de danos na quantidade e peso de grãos por panícula após infestação com diferentes quantidades de percevejos *Oebalus poecilus* em cada estágio fenológico analisado. Novo Progresso/PA. Brasil. 2011-2012.**

Estádio fenológico	Nº de percevejos	Porcentagem de danos (%)	
		Quantidade de grãos	Peso dos grãos
R4/R5 (antese/cariopse)	0	18.3 ± 1.4 c	15.82 ± 1.48 b
	1	28.2 ± 2.7 bc	28.70 ± 2.07 a
	2	31.2 ± 3.0 b	28.08 ± 2.55 a
	4	49.8 ± 4.2 a	34.07 ± 4.04 a
	H	43.186	26.483
	p-valor	< 0.0001	< 0.0001
R6 (grão leitoso)	0	18.3 ± 1.4 b	15.82 ± 1.48 c
	1	24.8 ± 2.0 a	31.26 ± 3.16 b
	2	30.5 ± 1.8 a	39.69 ± 1.94 a
	4	25.6 ± 1.4 a	36.01 ± 1.77 ab
	H	25.903	56.285
	p-valor	< 0.0001	< 0.0001
R7 (grão ceroso)	0	18.3 ± 1.4 b	15.82 ± 1.48 b
	1	25.3 ± 1.8 a	34.23 ± 1.77 a
	2	24.2 ± 1.3 a	35.87 ± 1.50 a
	4	22.7 ± 1.5 ab	35.99 ± 2.05 a
	H	11.244	-
	F	-	32.581
	p-valor	0.0105	< 0.0001

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas não diferem pelos testes <sup>2</sup>Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ).

<sup>3</sup>SE: Erro Padrão.



**Fig. 5.6.** Porcentagem de danos na quantidade (barras) e no peso (linha) de grãos por panícula após infestação com diferentes quantidades de *Oebalus poecilus* ao longo de todos os estágios fenológicos analisados. Novo Progresso/PA. Brasil. 2011-2012. Colunas e linha de mesma cor seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste Kruskal-Wallis.

## Discussão

Várias espécies de percevejos do gênero *Oebalus* têm sido estudadas referente aos danos que causam nos grãos de arroz em diversos países produtores deste cereal. As principais espécies são *O. pugnax*, *O. ypsilongriseus* e *O. insularis* encontradas nos Estados Unidos (McPherson and McPherson 2000; Way 2003; Jones and Cherry, 1986; Cherry et al. 1998; Cherry and Nuessly, 2010), *O. insularis* encontrado na Venezuela, México, Cuba e Caribe (Carbonell and Sousa 1980; Gutiérrez et al. 1987; Pantoja et al. 1999; Sailor 1944; Guharay 1999; Vivas and Notz, 2010; 2011; Rodrigues et al. 2006), *O. ornatus* na Colômbia (Pantoja et al. 2000) e *O. poecilus* e *O. ypsilongriseus* no Brasil, Guiana e Suriname (Rai 1971; 1974; Halteren 1972; Ferreira et al. 2002).

Embora existam muitos trabalhos relatando os danos de diversas espécies de *Oebalus*, a maioria foi realizada em arroz irrigado, sendo incipientes as pesquisas realizadas em arroz de terras altas em todas as regiões produtoras. Além disso, estas pesquisas geralmente consideram apenas a quantidade de espiguetas produzidas (cheias e vazias) e o peso dos grãos após a infestação com percevejos, não sendo considerados os danos qualitativos, como grãos avariados (manchados, atrofiados e gessados) e quebrados (quirera).

O número total de espiguetas não mostrou diferença estatística nas infestações entre todos os estádios de desenvolvimento da panícula analisados, como observado também por Ferreira et al. (2002), ao estudarem a infestação de *O. poecilus* e *O. ypsilongriseus* em 10 e 5 genótipos de arroz irrigado respectivamente. Este padrão também se repetiu no trabalho de Ferreira e Barrigossi (2006) ao avaliarem os danos de *O. poecilus* em panículas de 39 genótipos de arroz irrigado, e também no

estudo de Espino et al. (2007) ao avaliarem os danos ocasionados por *O. pugnax*. Isto é esperado, uma vez que, a quantidade de espiguetas por panícula a serem produzidas pela planta deve-se a fatores genéticos da própria planta, e também ao fato que para os experimentos as infestações com os insetos geralmente são realizadas quando as panículas já foram liberadas pela planta.

Ao comparar os resultados de espiguetas vazias encontrados em nosso trabalho com outros estudos, percebe-se que pode existir um padrão nos efeitos ocasionados pela alimentação dos percevejos sobre as panículas de arroz. A porcentagem de espiguetas vazias no estágio R4/R5 (antese/cariopse) chegou a 41%, 42% e 83% para as infestações com um, dois e quatro adultos de *O. poecilus* respectivamente. Padrão similar foi relatado por Patel et al., (2006) ao avaliar os danos ocasionados por fêmeas de *O. pugnax* verificando que as infestações realizadas um dia após a antese/cariopse ocasionaram aproximadamente 40% de espiguetas vazias para a infestação com 1 percevejo e até 60% para infestações com dois insetos, além de verificar que com o desenvolvimento da panícula, esse percentual diminuiu para menos de 10% em ambas as infestações. Em outros trabalhos, também com *O. pugnax*, Espino et al. (2007) e Espino e Way (2007) verificaram maior porcentagem de espiguetas vazias nas infestações realizadas nas primeiras fases de desenvolvimento das panículas corroborando com os dados de Vargas (2007) para esta espécie.

Da mesma forma, Silva et al. (2002) avaliaram os danos ocasionados por *O. poecilus* e *O. ypsilongriseus* em cinco cultivares de arroz de terras altas e ao analisar a quantidade de espiguetas vazias, concluíram que para infestações de dois percevejos, para ambas as espécies, a porcentagem de espiguetas vazias ultrapassou 30%. No entanto, esses experimentos foram realizados apenas na fase

leitosa das panículas, não permitindo inferir se estes danos aumentam ou diminuem no decorrer do desenvolvimento das panículas em arroz de terras altas. Em um experimento similar, realizado na fase leitosa e com 10 cultivares de arroz irrigado, Ferreira et al. (2002), mostraram que *O. poecilus* ataca mais severamente as panículas de arroz do que *O. ypsilongriseus*, ocasionando respectivamente 30% e 25% de espiguetas vazias após a infestação com dois percevejos por panícula. Ferreira e Barrigossi (2006) avaliaram os danos de *O. poecilus* em 39 genótipos de arroz irrigado e verificaram o aumento da quantidade de espiguetas vazias em 32 genótipos após a infestação de dois percevejos por panícula na fase leitosa dos grãos.

Em estudos com *O. insularis*, Rodrigues et al. (2006) também sustentam a hipótese de que a fase mais susceptível para o ataque deste percevejo ocorre durante os primeiros 10 dias após a floração, que corresponde ao período em que os grãos estão em formação, e após esse período, as infestações com até um percevejo por panícula não causam danos significativos no rendimento dos grãos de arroz. Entretanto, estes autores sugerem que infestações maiores que 0.7 percevejos por panícula na fase de floração podem provocar a redução na qualidade e quantidade dos grãos, como observado por Pantoja et al. (1993) em infestações com um, dois e três casais de *O. ornatus* e *O. insularis* sobre 100 grãos de arroz.

A quantidade média de espiguetas cheias saudáveis foi inversamente proporcional à quantidade de espiguetas vazias, sendo da mesma forma, mais afetada a partir das infestações com um percevejo no estágio R4/R5 (antese/cariopse). Silva (2002) não encontrou diferenças significativas na quantidade de grãos inteiros ao avaliar a alimentação de *O. poecilus* e *O. ypsilongriseus* em cinco cultivares de arroz de terras altas, embora o rendimento de grão inteiros e saudáveis não tenha



ultrapassado os 46%, inclusive no tratamento controle, enquanto em nosso trabalho, o tratamento controle apresentou porcentagem de grãos inteiros maior que 80%.

Quando o ataque dos percevejos ocorreu logo após a antese/cariopse resultou na formação de grande quantidade de espiguetas totalmente vazias e consequente redução do número de espiguetas cheias (perda quantitativa). De acordo com Barrigossi (2008), quando a alimentação destes insetos ocorre na fase leitosa, além de provocar a diminuição parcial ou total do conteúdo da espiguetas (perda quantitativa), a alimentação nas espiguetas contribui para aumentar a incidência de manchas nos grãos, além de reduzir o poder germinativo das sementes (perda qualitativa). O ataque nas fases subsequentes resulta na formação de espiguetas mais leves e manchadas que geralmente quebram durante o beneficiamento, reduzindo assim o valor comercial do produto (Barrigossi, 2008).

Alguns trabalhos tem demonstrado esse padrão, como os de Ferreira e Barrigossi (2006) que após a infestação com dois percevejos *O. poecilus* no início da fase leitosa em 39 genótipos de arroz irrigado, demonstraram que a porcentagem média de espiguetas manchadas ultrapassou 75% em todas as plantas analisadas. Resultados similares foram encontrados por Silva (2002) ao avaliar a quantidade de grãos inteiros manchados após a infestação, tanto com *O. poecilus* como com *O. ypsilongriseus*, em cinco cultivares de arroz de terras altas. No entanto, como este autor apenas realizou a infestação em uma fase de desenvolvimento da panícula (fase leitosa), não se pode inferir, se nos genótipos por ele analisados a porcentagem seria maior ou menor, tanto em fases anteriores quanto posteriores.

Todavia, estas informações não corroboram com os dados observados em nossos resultados, uma vez que, a porcentagem média de grãos manchados foi significativamente maior no estágio R4/R5, com 32,5% nas infestações com quatro

percevejos e diminuiu com o desenvolvimento das panículas. O mesmo padrão para a quantidade de grãos atrofiados foi observado. Já a porcentagem de grãos gessados mostrou-se maior apenas no estágio R7, não passando de 6.9%.

Conhecer a variedade de danos qualitativos ocasionados pelo ataque de insetos que atacam o grão, como observado em nosso trabalho, é importante principalmente porque os grãos que apresentam estas características se tornam mais suscetíveis à quebra durante o processo de beneficiamento, reduzindo consequentemente a porcentagem de grãos inteiros (Vargas 2007). Bowling (1967) relata que as panículas atacadas durante a fase leitosa, geralmente não apresentam um desenvolvimento normal dos grãos, produzindo espiguetas vazias ou grãos atrofiados. Outro parâmetro relacionado diretamente com os danos qualitativos, é a redução no peso dos grãos (dano quantitativo), que em nosso trabalho chegou a quase 40% entre os tratamentos. O rendimento em peso dos grãos saudáveis chegou a 74%, 73% e 67%, para infestações com dois, um e quatro percevejos respectivamente, nos estágios R4/R5, R6 e R7 nesta ordem, mostrando que as maiores reduções de massa ocorreram nas fases em que a panícula estava mais desenvolvida, que coincide com os estágios onde também foram observadas as maiores porcentagens nos pesos de grãos quebrados, que chegaram a 20% do peso total nos estágios R6 e R7.

Ferreira et al (2002), mostraram uma redução de aproximadamente 30% para infestações com *O. ypsilongriseus* e de 38% para *O. poecilus* ocorrida no início da fase leitosa em arroz irrigado, ou seja, resultado similar ao verificado em nosso trabalho, que apresentou uma redução na massa dos grãos de aproximadamente 33%, todavia em estágio posterior de desenvolvimento da panícula. Silva (2002) mostrou uma redução mais discreta de até 11.5% na massa dos grãos após

infestações com *O. poecilus* e *O. ypsilongriseus* realizadas no início da fase leitosa em arroz de terras altas. Pantel et al. (2006) obtiveram dados similares aos de Silva (2002) para a redução de massa ocasionada por *O. pugnax*, chegando a no máximo 11% após a infestação com dois insetos adultos. Estes autores também relatam que os primeiros 12 dias após a antese são os mais críticos para os danos de redução no peso dos grãos.

Uma das causas na redução de peso dos grãos verificadas em todos estes estudos e também em nosso trabalho podem ser explicadas através dos trabalhos de Swanson e Newsom (1962) e Robinson et al. (1980) ao relatarem que quando a alimentação dos percevejos das panículas ocorre durante a fase leitosa ocasionam maior quantidade de grãos atrofiados e isto provavelmente pode ser um dos fatores que contribuíram para a redução de peso durante a fase leitosa. Além disso os grãos manchados pesam substancialmente menos que grãos saudáveis e é provável que as porcentagens mais elevadas de grãos manchados verificados nas diferentes infestações de percevejos tenham contribuído significativamente para a redução dos pesos nos estádios analisados.

No entanto, Vargas (2007), não encontrou diferença significativa na redução de peso dos grãos cheios após infestações com *O. pugnax*. Este autor considera que este resultado pode ser explicado através das respostas compensatórias das plantas, que possuem um mecanismo de tolerância a insetos, e que neste caso não sofrem redução de rendimento quando feridas, pois quando os percevejos se alimentam dos grãos em desenvolvimento, que constituem um "sumidouro" para a planta, eles não afetam a "fonte" (raízes e folhagens), e embora, a alimentação dos insetos possa ter causado um aumento na quantidade de espiguetas vazias, as plantas podem ter compensado este dano, preenchendo mais os grãos ou aumentando o movimento dos

produtos fotossintetizados para as espiguetas que não foram atacadas por *O. pugnax* (Panda and Khush 1995).

Os resultados apresentados em nosso estudo mostram que no arroz de terras altas variedade Cambará os grãos de arroz são suscetíveis aos danos quantitativos (quantidade e peso dos grãos) e qualitativos (grãos manchados, atrofiados, gessados e quebrados) ao longo de todo o desenvolvimento das panículas. Todavia, quando os insetos se alimentam durante as fases de antese/cariopse e leitosa ocasionam percentuais significativamente maiores de grãos vazios, bem como de redução de peso, do que quando se alimentaram de grãos em fases posteriores de desenvolvimento da panícula. Nossos resultados corroboram com outros trabalhos que encontraram este mesmo padrão, como Pantoja et al. (2000) com *O. ornatos*, por Patel et al. (2006), Rashid (2003) e Swanson e Newsom (1962) com *O. pugnax*, que mostraram severos prejuízos na produção de arroz resultantes da alimentação destes insetos durante a fase de floração quando comparado com as fases posteriores de desenvolvimento dos grãos.

Com base nestes resultados podemos considerar que há pelo menos duas explicações para o aumento dos danos nos grãos de arroz após o ataque dos percevejos nos primeiros estádios de desenvolvimento das panículas. Primeiro, os percevejos conseguem se alimentar mais facilmente dos grãos recém formados, uma vez que, a estrutura da espiguetas encontra-se menos resistente para a perfuração e inserção do aparelho bucal na semente, enquanto em espiguetas mais desenvolvidas a estrutura física da espiguetas apresenta-se mais resistente/rígida. Além disso, nestas fases (antese/cariopse e fase leitosa), o conteúdo interno das espiguetas encontram-se ainda em estado mais líquido/pastoso ou em processo de endurecimento e isto pode facilitar a alimentação dos percevejos, pois o inseto gastará menos energia para

absorver os nutrientes, diminuindo ou interrompendo a secreção de enzimas digestivas (lisossômicas). Esta liberação de enzimas lisossômicas é uma característica alimentar observada principalmente em Hemiptera sugadores de seiva, como os Pentatomidae (Houseman et al. 1985).

E segundo, a alimentação de *O. poecilus* pode ser igual em espiguetas com diferentes idades, no entanto, as espiguetas podem ser menos suscetíveis aos danos do inseto à medida que se desenvolvem (amadurecem e ficam mais rígidas). Além disso, as espiguetas com estádios de desenvolvimento avançado e com grãos mais rígidos iriam requerer maior produção e secreção de enzimas lisossômicas para digestão de proteínas na forma líquida, aumentando o gasto de energia, e portanto, os percevejos poderiam procurar espiguetas que estivessem mais jovens para se alimentar.

Em nossos dados, qualquer uma dessas explicações pode ser considerada, principalmente quando observamos a quantidade de espiguetas vazias e as reduções de peso das espiguetas cheias, que foram maiores nas infestações que ocorreram nos primeiros estádios de desenvolvimento das panículas de arroz. Estas informações podem beneficiar produtores e outros pesquisadores, permitindo-lhes concentrar os esforços de monitoramento de *O. poecilus* nas fases mais susceptíveis ao ataque deste inseto para tomadas de decisões mais bem informadas sobre quando e quais medidas de controle devem ser tomadas, visando o controle do percevejo das panículas.

Segundo Weber (1989), quatro percevejos por metro quadrado são suficientes para definir o nível de dano econômico na cultura do arroz, no entanto, este autor não estabelece se este valor deve ser considerado para todo o período reprodutivo. Barrigossi (2008), relata que o controle dos percevejos das panículas deve ser

providenciado quando forem coletados, em média, cinco percevejos em dez batidas de rede entomológica durante a fase leitosa, e 10 percevejos nas duas semanas seguintes. No entanto, estes valores foram estabelecidos considerando apenas os danos de redução de peso ocasionados durante a fase leitosa e fases posteriores do desenvolvimento das panículas. Por isso, acreditamos que esses valores devem ser revistos, levando em conta também, as infestações que antecedem a fase leitosa dos grãos, uma vez que em nosso trabalho a fase com maior porcentagem de danos foi a fase R4/R5 (antese/floração). Devido a esta característica, definimos que a quantidade máxima de *O. poecilus* para tomada de decisão nesta fase (que antecedem a fase leitosa), dever ser de 2.5 percevejos a cada 10 batidas de rede entomológica. Este valor foi considerado, pois segundo Ferreira et al. (2002) a decisão de controle com base na perda total avaliada deve ser muito mais rigorosa do que a baseada apenas na perda de massa, assim o número de percevejos estabelecido para evitar o nível de dano econômico ( $n$ ) deve ser reduzido aproximadamente à metade ( $n/2$ ), pois assim os outros tipos de danos (qualitativos) também podem ser evitados.

O estabelecimento dos níveis populacionais mencionados acima, foram baseados em observações e investigações realizadas em várias áreas de arroz, e segundo Bowling (1967) é esperado encontrar diferenças de região para região e de país para país, principalmente devido a fatores como as condições climáticas, o tempo de infestação de percevejos nas panículas, a proporção relativa de insetos por panícula, a estabilidade da população, o efeito do parasitismo de ovos, a presença ou ausência de diferentes tipos de fungos, entre outros fatores. No entanto, os resultados aqui apresentados indicam que os níveis econômicos de *O. poecilus* em arroz devem ser revistos, utilizando valores de controle mais precisos, os quais poderiam beneficiar os produtores, reduzindo os danos desta espécie à cultura, e consequentemente,

evitando ações de controle desnecessárias. É importante não considerar apenas *O. poecilus* para o estabelecimento do nível de dano, pois outras espécies de percevejos que também se alimentam das panículas podem contribuir para o aumento dos danos ocasionados nos grãos, mesmo que sejam menos abundantes nas amostragens realizadas pelos produtores.

Os trabalhos que analisaram os efeitos da alimentação das diversas espécies de percevejos das panículas relatam que a intensidade do ataque dos insetos está relacionada com o estágio de desenvolvimento da panícula. Assim, perdas resultantes desse ataque em diferentes genótipos e cultivares de arroz são, provavelmente, variáveis. Além disso, em nosso trabalho relatamos os danos causados por percevejos do gênero *Oebalus*, no entanto, várias outras espécies de percevejos são consideradas pragas das panículas nas regiões produtoras de arroz em todo o mundo, com destaque para os gêneros *Aspavia*, *Cletus*, *Eysarcoris*, *Leptocorisa*, *Mictis*, *Mormidea* e *Nysius*, entre outros (Ewete and Olagbaju 1990; Pantoja et al. 1995; Ferreira et al. 2001; Gary et al. 2004; Ishizak et al. 2007; 2008). Desta forma, nosso trabalho serve de base para que estudos similares sejam realizados com outras espécies de percevejos que se alimentam das panículas de arroz. Outros estudos devem ser realizados, por exemplo, para verificar se as ninfas podem ocasionar os mesmos danos que os adultos, e também se machos e fêmeas ocasionam danos similares, como já estudado em outras espécies (Espino et al. 2007; Espino and Way 2007).

Além destas informações, o produtor deve considerar vários outros fatores já relatados nos trabalhos de Barrigossi (2008) e Tindall et al. (2004; 2005) que visam o manejo integrado de pragas, além da utilização de controles alternativos, como a utilização de fitoinseticidas e liberação de inimigos naturais (Zachrisson et al. 2014).

### **Agradecimentos**

O autor agradece ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR), pelo suporte logístico. Aos proprietários da Fazenda Florentino, Eurides Florentino (*in memorian*), Nadir de Limas Florentino (*in memorian*) e Marlete Florentino, por permitirem o desenvolvimento desta pesquisa em sua propriedade rural. Agradece também, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por fornecer as bolsas de estudos durante esta pesquisa.



### Referências Citadas

- Albuquerque, G. S. 1993.** Planting time as a tactic to manage the small rice stink bug, *Oebalus poecilus* (Hemiptera, Pentatomidae), in Rio Grande do Sul, Brazil. Crop Prot. 12:627-630.
- Antoniolli, Z. I. 1988.** Natureza do "Pecky Rice" do arroz parboilizado no Rio Grande do Sul. Ph.D. thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. 6 p.
- Barrigossi, J. A. F. 2009.** Manejo do Percevejo da Panícula em Arroz. Irrigado. Circular Técnica 79. Embrapa Arroz e Feijão, p.1-8. 2009. ISSN 1678-9636.
- Bowling, C. C. 1967.** Insect pests of rice in the United States, pp. 551-570. In M. D. Pathak [ed.], The major insect pests of the rice plant. Johns Hopkins Press, Baltimore, MD.
- Carbonell R. M. and J. G. Sousa. 1980.** Dinamica poblacional de *Oebalus insularis* en la zona arrocería de Santi Spiritus, Cuba. Cent. Agric. 7: 41-48.
- Chaves, G.S., E. Ferreira, and A. H. Garcia. 2001.** Influência da alimentação de *Oebalus poecilus* (Heteroptera: Pentatomidae) na emergência de plântulas em genótipo de arroz (*Oryza sativa*) irrigado. Pesq. Agropec. Trop. 31: 79-85.
- Cherry, R. and G. Nuessly. 2010.** Establishment of a new stink bug pest, *Oebalus insularis* (Hemiptera: Pentatomidae), in Florida rice. Fla. Entomol. 93: 291-293.
- Cherry, R., D. Jones, and C. Deren. 1998.** Establishment of a new stink bug pest, *Oebalus ypsilongriseus* (Hemiptera: Pentatomidae) in Florida rice. Fla. Entomol. 81: 216-220.
- Counce, P. A., T. C. Keisling, and A. J. Mitchell. 2000.** A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. Crop Sci. 40: 436-443.
- Espino, L. and M. O. Way. 2007.** Relative susceptibility of stages of rice panicle development to male and female *Oebalus pugnax*. Southwest. Entomol. 32: 203-211.

- Espino, L., M. O. Way, and J. K. Olson. 2007.** Most susceptible stage of rice panicle development to *Oebalus pugnax* (Hemiptera: Pentatomidae). J. Econ. Entomol. 100: 1282-1290.
- Ewete, F. K. and R. A. Olagbaju. 1990.** The development of *Aspavia armigera* Fabricius (Hemiptera: Pentatomidae) and its status as a pest of cowpea and rice. Insect Sci. Appl. 11: 171-177.
- Ferreira, E. and J. A. F. Barrigossi. 2006.** Produção e qualidade do grão do arroz irrigado infestado por adultos de percevejo-das-panículas. Pesq. Agropec. Bras. 41:1083-1091.
- Ferreira, E., N. R. A. Vieira and P. H. N. Rangel. 2002.** Avaliação de danos de *Oebalus* spp. em genótipos de arroz irrigado. Pesq. Agropec. Bras. 27: 763-768.
- Ferreira, E., J. A. F. Barrigossi, and N. R. Vieira. 2001.** Percevejo das panículas do arroz: fauna heteroptera associada ao arroz. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 27 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 43).
- Fritz, L. L., E. A. Heinrichs, M. Pandolfo, S. M. Salles, J. V. Oliveira, and L. M. Fiuza. 2008.** Agroecossistemas orizícolas irrigados: insetos-praga, inimigos naturais e manejo integrado. Oecol. Bras. 12: 720-732.
- Gary C. J., I. Domingo, M. Liberty, P. Almazan, and J. Pacia. 2004.** Effect of Rice Bug *Leptocorisa oratorius* (Hemiptera: Alydidae) on Rice Yield, Grain Quality, and Seed Viability. J. Econ. Entomol. 97: 1923-1927.
- Greve, C., N. D. F. Fortes, and J. Grazia. 2003.** Estágios imaturos de *Oebalus poecilus* (Heteroptera, Pentatomidae). Iheringia. 93:89-96.
- Guharay, F. 1999.** Biología, daño y manejo de *Oebalus insularis*, la chinche de la espiga del arroz. Rev. Manej. Integr. Plag. 51: 1-4.
- Gutiérrez, A., R. Meneses, E. Arias, R. A. García, H. Hernández, and M. Amador. 1987.** Estimaciones de las poblaciones de *Oebalus insularis* en el cultivo de arroz. Ciencia Tec. Agri. 10 (1): 43-54.

- Halteren, P. V. 1972.** Some aspects of the biology of the paddy bug, *Oebalus poecilus* (Dall.), in Surinam. Surinam. Landbouw 2: 23- 33.
- Houseman, J. G., P. E. Morrison and A. E. R. Downe. 1985.** Cathepsin B and aminopeptidase in the posterior midgut of *Phymata wolffii* (Hemiptera: Phymatidae). Can. J. Zool. 63: 1288-1291.
- Ishizaki, M., T. Yasuda, and T. Watanabe. 2007.** Feeding behavior of rice bug *Leptocorisa chinensis* (Dallas) (Heteroptera: Alydidae) nymphs on rice panicles and rice plant extract. Appl. Entomol. Zool. 42: 83–88.
- Ishizaki, M.; Y. Tetsuya and T. Watanabe. 2008.** Effect of plant species on survivorship and duration of nymphal stage in *Leptocorisa chinensis* (Hemiptera: Alydidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 101: 558-564.
- Ishymaru, T.; Rorigane, A. K.; Ida, M.; Iwasawa, N.; San-Oh, Y.; Nakasono, N.; Nishisawa, N. K.; Masumura, T.; Kondo, M.; Yoshida, M. 2009.** Formation do grain chalkiness and changes in water distribution in developing rice caryopses grown under high- temperature stress. J. Cereal. Sci. 50: 166-174.
- Jones, D. B., and R. H. Cherry. 1986.** Species composition and seasonal abundance of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in southern Florida rice. J. Econ. Entomol. 79: 1226-1229.
- Kennard, C. P. 1966.** Effect of the paddy bug, *Oebalus poecilus*, on rice yield and quality in British Guyana. FAO Plant. Protec. Bull. 14: 54-7.
- McPherson, J. E., and R. M. McPherson. 2000.** Stink bugs of economic importance in America north of Mexico. CRC, Boca Raton, FL.
- Panda, N., and G. S. Khush. 1995.** Host plant resistance to insects. CAB International, Wallingford, United Kingdom.
- Pantoja, A., C. Garcia, and M. Duque. 2000.** Population dynamics and effects of *Oebalus ornatus* (Hemiptera: Pentatomidae) on rice yield and quality in southwestern Columbia. J. Econ. Entomol. 93: 276-279.

- Pantoja, A., E. Daza, O. Meija, C. Garcia, M. Duque, and L. Escalona. 1999.** Development of *Oebalus ornatus* (Sailor) and *Oebalus insularis* (Stal) (Hemiptera: Pentatomidae) on rice. J. Entomol. Sci. 34: 335-338.
- Pantoja, A., E. Daza, C. García, O. Mejía, and D. Rider. 1995.** Relative abundance of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in South-western Colombia rice fields. J. Entomol. Sci. 30: 463-467.
- Pantoja, A.; Daza, E.; Duque, M. C. 1993.** Efecto de *Oebalus ornatus* (Sailer) y *Oebalus insularis* Stal (Heteroptera: Pentomidae) sobre el arroz: una comparación entre especies. Manej. Integ. Plag. 26: 31-33.
- Patel, D. T., M. J. Stout, and J. R. Fuxa. 2006.** Effects of rice panicle age on quantitative and qualitative injury by the rice stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). Fla. Entomol. 89: 321-327.
- Pugliese, A. 1955.** O percevejo do arroz. Lavoura Arrozeira, 9:3-8.
- Rai, B. K. 1974.** Losses caused by the paddy bug and "red rice" in Guyana. Plant Protec. Bull. (FAO). 22: 82-86.
- Rai, B. K. 1971.** Laboratory and field testing of insecticides against paddy bug, *Oebalus poecila* (dallas) and a technique for low-volume drift spraying of paddy, for its control. International Rice Commission Newsletter (FAO). 20: 8-17.
- Rashid, T. 2003.** Rice stink bug development, feeding preference, sampling techniques and damage effects on rice yield. Ph.D. dissertation, University of Arkansas, Fayetteville, AR.
- Robinson, J. F., C. M. Smith, G. B. Trahan, and M. Holloy. 1980.** Rice stink bug: relationship between adult infestation levels and damage. Louisiana Agric. Exp. Stn., Rice Exp. Stn., Annu. Prog. Rep. 72: 212-215.
- Rodríguez, P. G., D. Navas, E. Medianero, and R. Chang. 2006,** Quantification of *Oebalus insularis* (Heteroptera: Pentatomidae) damage in rice crop (*Oryzica* -1) in Panama. Rev. Col. Entomol. 32: 131-135.

- Sailor, R. 1944.** The genus *Solubea* (Heteroptera: Pentatomidae). Proc. Entomol. Soc. Wash. 46: 105-127.
- Silva, D., E. Ferreira and N. R. A. Vieira. 2002.** Avaliação de perdas causadas por *Oebalus* spp (Hemiptera: pentatomidae) em arroz e terras altas. Pesq. Agropec. Trop. 32: 39-45.
- Swanson, M. C. and L. D. Newsom. 1962.** Effect of infestation by the rice stink bug, *Oebalus pugnax*, on yield and quality in rice. J. Econ. Entomol. 55: 877-879.
- Tindall, K. V., B. J. Williams, M. J. Stout, J. P. Geaghan, B. R. Leonard, and E. P. Webster. 2005.** Yield componentes and quality of rice in response to graminaceous weed density and rice stink bug populations. Crop Prot. 24: 991-998.
- Tindall, K. V., M. J. Stout, and B. J. Williams. 2004.** Effects of the presence of barnyardgrass on rice water weevil (Coleoptera: Curculionidae) and rice stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) populations on rice. Environ. Entomol. 33: 720-726.
- Vieira, N.R.A., A.B. Santos, and E.P. Sant'Ana. 1999.** A cultura do arroz no Brasil. Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás, GO. 633 p.
- Vargas, L. E. 2007.** Damage assessment and sampling of the rice stink bug, *Oebalus pugnax* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae), in rice, *Oryza sativa* L., in Texas. Ph.D. dissertation, Texas A&M University, Beaumont, TX.
- Vivas C. L. E. and A. Notz. 2010.** Determination of damage threshold and level of economic vaneadora rice bug on the variety Cimarrón in Calabozo, Guarico State, Venezuela. Agron. Trop. 60: 271-281.
- Vivas C. L. E. and A. Notz. 2011.** Spatial distribution in populations of *Oebalus insularis* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) in rice in Calabozo, Guárico State, Venezuela. Rev. Cient. UDO Agrícola. 11: 109-125.
- Way, M. O. 2003.** Rice arthropod pests and their management in the United States, pp. 437-456. In C.W.Smith and R. H. Dilday [eds.], Rice. origin, history, technology, and production. Wiley, Hoboken, NJ.

- Weber, G. 1989.** Desarrollo del manejo integrado de plagas del cultivo de arroz. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 69 p. (Série 04.04).
- Zachrisson, B., V. Costa, and J. Bernal. 2014.** Incidencia natural de parasitoides de huevos de *Oebalus insularis* Stal (Heteroptera: Pentatomidae) en Panamá. Idesia 32: 119-121.

## Capítulo 6

### **Efeito ovicida do óleo essencial de cinco espécies de plantas da família Piperaceae sobre posturas do percevejo-do-colmo *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae)\***

Diones Krinski

\*À ser submetido para o Journal of Essential Oil Research  
(Normas e instruções aos autores em anexo – página 271)

*"Nenhuma decisão sensata pode ser tomada sem que se leve em conta  
o mundo não apenas como ele é, mas como ele virá a ser"*  
(Isaac Asimov)

**Efeito ovicida do óleo essencial de cinco espécies de plantas da família Piperaceae sobre posturas do percevejo-do-colmo *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae)**

Diones Krinski<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Programa de Pós-graduação em Zoologia, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, Paraná, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: [diones.krinski@ufpr.br](mailto:diones.krinski@ufpr.br)

**Resumo:** *Tibraca limbativentris* ocorre em todas as regiões produtoras de arroz da América Latina, e seu controle é realizado apenas através de pulverizações com inseticidas químicos. Este trabalho teve por objetivo verificar a ação ovicida de óleos essenciais de várias partes vegetais de *Piper aduncum*, *Piper gaudichaudianum*, *Piper malacophyllum*, *Piper marginatum*, *Piper tuberculatum* (Piperaceae) sobre ovos do percevejo-do-colmo do arroz. Foram utilizadas posturas com até 24, 48, 72 e 96 horas de idade (HI) as quais foram imersas em cinco concentrações (0,25; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 %) além dos dois controles, um com água destilada, e outro com solução de Tween® 20 (Monolaurato de Sorbitan Etoxilado 20 EO) à 5%. Todas as espécies de Piperaceae apresentaram atividade ovicida. Esta característica pode estar relacionada com a potencial toxicidade dos principais compostos químicos encontrados em cada espécie e parte vegetal, com destaque para os compostos dilapiol, miristicina, cubebene,  $\alpha$ -guaiene, longifolene, prezizane, spathulenol, sabinene e  $\delta$ -2-carene.

**Palavras-chave:** Fitoinseticidas, *Piper aduncum*, *Piper gaudichaudianum*, *Piper malacophyllum*, *Piper marginatum*, *Piper tuberculatum*.



**Ovicidal effect of essential oil of five species of Piperaceae family on postures of rice stem bug, *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae)**

Diones Krinski<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Programa de Pós-graduação em Zoologia, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, Paraná, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: [diones.krinski@ufpr.br](mailto:diones.krinski@ufpr.br)

**Abstract:** *Tibraca limbativentris* occurs in all rice producing regions of Latin America, and its control is only performed by spraying with chemical insecticides. This study aimed to verify the ovicidal action of essential oils of various plant parts of *Piper aduncum*, *Piper gaudichaudianum*, *Piper malacophyllum*, *Piper marginatum*, *Piper tuberculatum* (Piperaceae) on eggs of rice stem bug. Eggs with up to 24, 48, 72 and 96 hours old (HO) were used. These were immersed at five different concentrations (0.25, 0.5, 1.0, 2.0 and 4.0%) in addition to two controls, one with distilled water and the other with a solution of Tween @ 20 (sorbitan monolaurate ethoxylate 20 EO) at 5%. All species of Piperaceae showed ovicidal activity. This characteristic may be related with the potential toxicity of the main chemical compounds found in each species and plant part, especially for the dilapiolle, myristicin compounds, cubebene,  $\alpha$ -guaiene, longifolene, prezizane, spathulenol, sabinene and  $\delta$ -2-Carene.

**Keywords:** Phyto-insecticides, *Piper aduncum*, *Piper gaudichaudianum*, *Piper malacophyllum*, *Piper marginatum*, *Piper tuberculatum*.

## Introdução

O percevejo-do-colmo, *Tibraca limbativentris* Stål, 1860 ocorre em todas as regiões orizícolas da América Latina, apresentando-se como importante praga nos diferentes sistemas de cultivo, pois o ataque do inseto ocorre tanto durante o ciclo vegetativo quanto o reprodutivo da cultura, sendo registradas perdas expressivas durante as fases de pré-floração e enchimento dos grãos (1, 2). A ocorrência dessa praga tem aumentado expressivamente nas lavouras de arroz, onde a alta densidade de plantas, o clima e o posicionamento das lavouras favorecem a ocorrência e o aumento populacional do inseto (3, 4, 5).

Atualmente, o controle de *T. limbativentris* é realizado através de pulverizações com inseticidas químicos (6, 7). No entanto, novas técnicas e metodologias de controle são necessárias para reduzir os riscos ao ambiente e o uso abusivo do controle químico pode resultar na perda da eficiência sobre o alvo de controle (surgimento de populações resistentes) além de afetar os agentes de controle biológico presentes no ambiente (8, 9, 7). Biopesticidas com um modo de ação diferente daqueles dos inseticidas neurotóxicos convencionais podem reduzir o risco de aparecimento de resistência, assim como problemas de ressurgência de pragas, ao mesmo tempo em que são comparativamente mais seguros e ecologicamente aceitáveis. Assim, estratégias integradas para o manejo desse inseto-praga devem ser definidas utilizando-se controles alternativos aos inseticidas convencionais.

Uma alternativa viável para o controle deste percevejo é a utilização de fitoinseticidas, que apresentam baixa toxicidade e pouca persistência no ambiente (10). Neste contexto as plantas das famílias Piperaceae surgem com alternativa promissora para o controle de pragas em geral, uma vez que possuem em sua composição substâncias que apresentam alto potencial inseticida (11, 12, 13, 14). Outras famílias de plantas já foram estudadas quanto à sua propriedade ovicida, principalmente para controlar insetos vetores de doenças, como espécies de triatomíneos (Reduviidae) (15, 16). No entanto, os poucos estudos já realizados para verificar o efeito ovicida das piperáceas foram feitos sobre insetos pragas mastigadoras, enquanto que inexistem pesquisas que relatem a atividade ovicida de espécies de Piperaceae sobre ovos de insetos sugadores, como os percevejos fitófagos, onde nenhuma ou poucas espécies foram estudadas (14, 17). Portanto, frente à necessidade da busca de métodos alternativos que preconizem uma

agricultura menos impactante ao meio ambiente, este trabalho tem por objetivo verificar a ação ovicida de óleos essenciais de folhas e inflorescências das espécies de cinco espécies de piperáceas sobre ovos do percevejo-do-colmo do arroz, *Tibraca limbativentris*.

## **Metodologia**

### **Criação de percevejos**

As posturas utilizadas nos bioensaios foram obtidas de uma criação de *T. limbativentris* estabelecida no Laboratório de Entomologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Arroz e Feijão) situada no município de Santo Antônio de Goiás/GO.

### **Obtenção do material vegetal para extração dos óleos essenciais**

Para obtenção dos óleos essenciais foram utilizadas folhas e inflorescências de *Piper marginatum* L. e *P. malacophyllum* Pels., coletadas na Fazenda Florentino, município de Novo Progresso/PA (7°07'43.56"S e 55°23'22.09"W - 231 metros e 7°06'56.31"S e 55°24'22.19"W - 210 metros); folhas e inflorescências de *P. aduncum* L. e apenas folhas de *P. tuberculatum* Jacq., (a espécie não continha inflorescências no período de coleta) coletadas na região central do município de Tangará da Serra/MT (14°37'29.32"S e 57°29'09.10"W - 385 metros); e folhas e inflorescências de *P. gaudichaudianum* Kuntze coletadas nas proximidades do Parque Tingui, município de Curitiba/PR (25°23'30"S e 49°18'22"W - 908 metros). As espécies foram identificadas pela botânica Dra. Micheline Carvalho-Silva na Universidade de Brasília (UnB), e as exsiccatas dessas espécies foram depositadas na Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Tangará da Serra (UNEMAT/CUTS) no Herbário Tangará (TANG) sob números de registros 1738, 1741, 1776, 1778.

Após a coleta, o material foi levado à estufa por 96 horas a 37 °C, para secagem. Em seguida cada parte da planta foi triturada em moinho do tipo faca para a obtenção do pó vegetal. O material moído foi encaminhado para o Laboratório de Ecofisiologia Vegetal da Universidade Federal do Paraná (UFPR), onde foram feitas as extrações dos óleos em aparelho tipo Clevenger, por arraste de vapor d'água. Para cada extração dos óleos, 50 gramas do pó vegetal foram colocadas em um balão de

2 L contendo 1 L de água destilada. O balão foi aquecido em manta aquecedora e após iniciar a fervura do material vegetal, este permaneceu durante 3 horas realizando a extração por arraste de vapor e obtenção do óleo essencial puro. A partir desses óleos essenciais foram realizadas as diluições para utilização nos bioensaios nas concentrações de 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 % utilizando-se Tween® 20 (Monolaurato de Sorbitan Etoxilado 20 EO -  $C_{58}H_{114}O_{26}$ ) à 5% para solubilização dos óleos.

### **Análise cromatográfica**

A análise cromatográfica foi realizada no Departamento de Ciências Moleculares da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Os óleos essenciais foram analisados por GC/MS (60-240 °C a 3 °C taxa min) em Varian 431-CG acoplado ao Varian 220-MS, utilizando uma coluna capilar de sílica fundida (30 m x 0.25 mm i.d. x 0.25 µm) revestida com DB-5. As temperaturas do injetor e do detector foram de 250 e 260 °C, respectivamente. Hélio foi utilizado como gás transportador com um fluxo de 1,5 ml/min; injeção foi em modo dividido (1:50), e o volume de injeção foi de 1,0 µL. Os espectros de massa foram obtidos utilizando impacto de elétrons a 70 eV, com um intervalo de varredura de 0,5 s e intervalo de massas de 40 até 550 m/z.

A identificação inicial dos componentes dos óleos essenciais foi realizada por comparação com os valores previamente reportados de índices de retenção, obtidos por co-injeção de amostras de óleo e hidrocarbonetos lineares C11-C24 e calculados de acordo com a equação de Van den Dool e Kratz (18). Posteriormente, os espectros de massas adquiridos para cada componente foram comparados com aqueles armazenados na biblioteca de massa espectral Wiley/NBS do sistema de GC/MS e com outros dados de massa espectrais publicados (19).

### **Bioatividade dos óleos essenciais de *Piper* spp. sobre ovos de *T. limbativentris***

Para avaliar a atividade dos óleos essenciais das Piperaceae sobre posturas de diferentes idades de *T. limbativentris* foram realizados bioensaios por imersão dos ovos nos diferentes óleos essenciais. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, utilizando posturas com até 24, 48, 72 e 96 horas de idade (HI), com 10 repetições por tratamento, contendo 10 posturas com 10 ovos cada. Para os tratamentos foram utilizadas. As posturas foram imersas nas cinco concentrações (0,25; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 %) além dos dois controles (um apenas com água destilada,

e outro com a solução de Tween® 20 - Monolaurato de Sorbitan Etoxilado 20 EO à 5%), totalizando 28 tratamentos para cada parte da planta utilizada (folhas ou inflorescências) de cada espécie de Piperaceae.

As posturas de cada tratamento foram mergulhadas simultaneamente por 10 segundos em cada uma das concentrações analisadas. Após esse tempo, os ovos foram colocados sobre papel filtro para secar em temperatura ambiente. Em seguida, as posturas foram acondicionadas em placas de petri (10 cm x 1 cm) forradas com papel toalha umedecido. A avaliação dos bioensaios ocorreu diariamente até a data em que todas as ninfas que conseguiram eclodir dos ovos chegassem ao segundo instar de desenvolvimento. A comparação do efeito entre os óleos de folhas e inflorescências de cada espécie de Piperaceae sobre a eclosão das ninfas de *Tibraca limbativentris* foi realizada 240 horas após da imersão dos ovos (HAIO) em cada tratamento. O experimento foi realizado em sala climatizada a  $25,7^{\circ}\text{C} \pm 3,0^{\circ}\text{C}$ , Umidade Relativa (UR)  $53,6\% \pm 10,8\%$  e fotofase de 14 horas. Foi avaliada a porcentagem de eclosão de ninfas dos ovos tratados nas diferentes idades.

### **Análise estatística**

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk a 5%. Aqueles que apresentaram distribuição normal foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e à comparação de médias pelos testes Tukey ou *t* a 5%. Os dados que não apresentaram distribuição normal foram submetidos aos testes não paramétricos Kruskal-Wallis ou Mann Whitney a 5%. A análise de Regressão Linear Simples foi realizada quando os valores de *F*, *t*, *H* ou *U* foram significativos ( $p < 0.05$ ). As concentrações letais para inviabilizar 50% dos ovos ( $CL_{50}$ ) foram calculadas pela análise de Probit (20) utilizando o software Statistica 7.

### **Resultados**

Todas as espécies de Piperaceae testadas nos tratamentos apresentaram atividade ovicida em pelo menos uma das partes vegetais utilizadas. Para melhor compreensão dos resultados os dados encontrados para cada espécie foram apresentados em separado e também comparando os resultados entre as espécies e partes das plantas utilizadas.

### ***Piper aduncum***

Os óleos das folhas de *P. aduncum* apresentaram inibição na eclosão de ninfas, diferindo significativamente das testemunhas nos tratamentos contendo ovos com 24, 48 e 72 horas de idade (HI), apenas na maior concentração, com porcentagens de inibição de eclosão acima de 85%. Em posturas próximas à eclosão (96 HI), as concentrações superiores a 0.5% diferiram estatisticamente das testemunhas. A eficiência da concentração de 4% não foi afetada pela idade dos ovos, enquanto que concentrações de 1 e 2% foram significativamente mais tóxicas para ovos de 96 HI de idade do que ovos com 24 HI. Nas duas menores concentrações, a idade dos ovos não influenciou na eficiência dos tratamentos (Tabela 6.1, Figura 6.1).

O efeito dos óleos essenciais das inflorescências de *P. aduncum* mostrou que apenas a maior concentração diferiu significativamente das testemunhas nos tratamentos em ovos de 24 e 72 HI. Ovos com 48 HI não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos e em posturas com 96 HI, nenhuma concentração diferiu da testemunha contendo Tween<sup>20</sup>. Em relação à idade dos ovos por ocasião da imersão, não houve tendência quanto à toxicidade de cada concentração; à 4%, ovos de 24 e 96 HI foram estatisticamente semelhantes, porém às 48 HI a toxicidade das inflorescências foi significativamente menor do que em ovos de 72 e 96 HI. À 1 e 2% não houve diferença significativamente entre as idades avaliadas enquanto que à 0.25 e 0.5% a toxicidade aumentou com o aumento da idade dos ovos (Tabela 6.1).

Comparando o efeito dos óleos essenciais das folhas e inflorescências de *P. aduncum*, nota-se que na maioria das concentrações dos óleos e idades das posturas não houve diferenças significativas. As exceções foram para o óleo das inflorescências nas concentrações de 1% e 0.25% que apresentaram respectivamente menor eclosão de ninfas sobre posturas de 24 h (1% - U= 80.000; p= 0.022) e 96 h (0.25% -  $t = 2.663$ ; p= 0.016) do que o óleo obtido das folhas. E para o óleo essencial das folhas, para a concentração de 4%, que inviabilizou mais de 75% dos ovos em todas as idades testadas, com diferença significativa entre os óleos de folhas e inflorescências apenas para algumas concentrações em posturas com 24 HI (4% - U= 20.500; p= 0.026), 48 HI (4% - U= 0.000; p<0.0001) e 72 HI (1% - U= 23.000; p= 0.042). Nota-se também que ovos mais velhos (96 HI) foram mais afetados pelos óleos essenciais (Figura 6.2).

Tabela 6.1. Número e porcentagem média de eclosão ( $\pm$  erro padrão) de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a imersão de posturas com 24, 48, 72 e 96 horas de idade (HI) em diferentes concentrações dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper aduncum*.

Parte vegetal/ Concentrações		Idade dos ovos*					
		24 h	48 h	72 h	96 h	H <sup>2</sup>	p-valor
Folhas	4.0 % <sup>ns</sup>	1.5 ± 0.7 b <sup>1</sup> (15%)	1.0 0.1 B (10%)	0.3 ± 0.2 c (3%)	24 ± 8.5 c (24%)	8.830	0.032
	2.0 %	7.8 ± 0.6 aA (78%)	5.1 ± 0.9 abAB (51%)	5.8 ± 0.5 abcAB (58%)	16 ± 8.1 cB (16%)	16.453	0.001
	1.0 %	9.1 ± 0.2 aA (91%)	5.6 ± 0.9 abAB (56%)	5.5 ± 0.9 abcAB (55%)	37 ± 4.0 bcB (37%)	18.657	0.000
	0.5 % <sup>ns</sup>	6.7 ± 1.0 ab (67%)	5.6 ± 1.1 ab (56%)	4.5 ± 1.0 bc (45%)	61 ± 3.8 abc (61%)	3.171	0.366
	0.25 % <sup>ns</sup>	8.0 ± 0.8 a (80%)	7.4 ± 1.2 a (74%)	5.9 ± 1.1 ab (59%)	76 ± 5.0 ab (76%)	2.979	0.395
	Tween <sup>ns</sup>	8.4 ± 0.6 a (84%)	7.9 ± 0.7 a (79%)	8.7 ± 0.4 a (87%)	7.7 ± 0.5 a (77%)	2.061	0.560
	Água <sup>ns</sup>	8.2 ± 0.8 a (82%)	8.8 ± 0.4 a (88%)	9.2 ± 0.2 a (92%)	9.1 ± 0.4 a (91%)	0.358	0.949
	H <sup>2</sup>	24.835	32.115	39.153	48.675	-	-
	p-valor	0.000	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-
Inflorescências	4.0 %	4.6 ± 0.9 bAB (46%)	8.7 ± 0.5 nsA (87%)	1.1 ± 0.5 bB (11%)	2.4 ± 1.0 bB (24%)	22.295	<0.0001
	2.00 % <sup>ns</sup>	6.3 ± 1.3 ab (63%)	6.7 ± 0.9 ns (67%)	6.5 ± 0.8 ab (65%)	4.3 ± 1.0 b (43%)	3.470	0.325
	1.00 % <sup>ns</sup>	6.9 ± 0.8 ab (69%)	6.5 ± 1.1 ns (65%)	8.6 ± 0.5 a (86%)	5.5 ± 1.4 ab (55%)	3.104	0.376
	0.50 %	8.1 ± 0.6 abA (81%)	8.0 ± 0.9 nsA (80%)	5.3 ± 1.2 abAB (53%)	4.1 ± 1.0 bB (41%)	12.480	0.006
	0.25 %	9.5 ± 0.3 aA (95%)	9.3 ± 0.3 nsA (93%)	7.5 ± 1.1 aAB (75%)	5.1 ± 0.8 abB (51%)	16.678	0.001
	Tween <sup>ns</sup>	8.4 ± 0.6 a (84%)	7.9 ± 0.7 a (79%)	8.7 ± 0.4 a (87%)	7.7 ± 0.5 a (77%)	2.061	0.560
	Água <sup>ns</sup>	8.2 ± 0.8 a (82%)	8.8 ± 0.4 a (88%)	9.2 ± 0.2 a (92%)	9.1 ± 0.4 a (91%)	0.358	0.949
	H <sup>2</sup>	20.012	8.579	32.474	24.154	-	-
	p-valor	0.003	0.199	<0.0001	0.000	-	-

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e de letras minúsculas nas colunas não diferem pelo teste <sup>2</sup>Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ); \*avaliação realizada 240 horas após da imersão dos ovos nos óleos essenciais; NS: não significativo.

As diferenças observadas nessa espécie, podem ser explicadas pela variação nas quantidades dos principais constituintes químicos encontrados nesses óleos, como o dilapiol, o z-carpacin e a miristicina. E os melhores resultados de inviabilização dos ovos observados para os óleos essenciais das folhas podem estar relacionados com a maior quantidade de z-carpacin e a miristicina presentes nesta parte da planta, que podem estar atuando sinergicamente com o dilapiol, principal composto em ambos os óleos essenciais de *P. aduncum* (Figura 6.3).

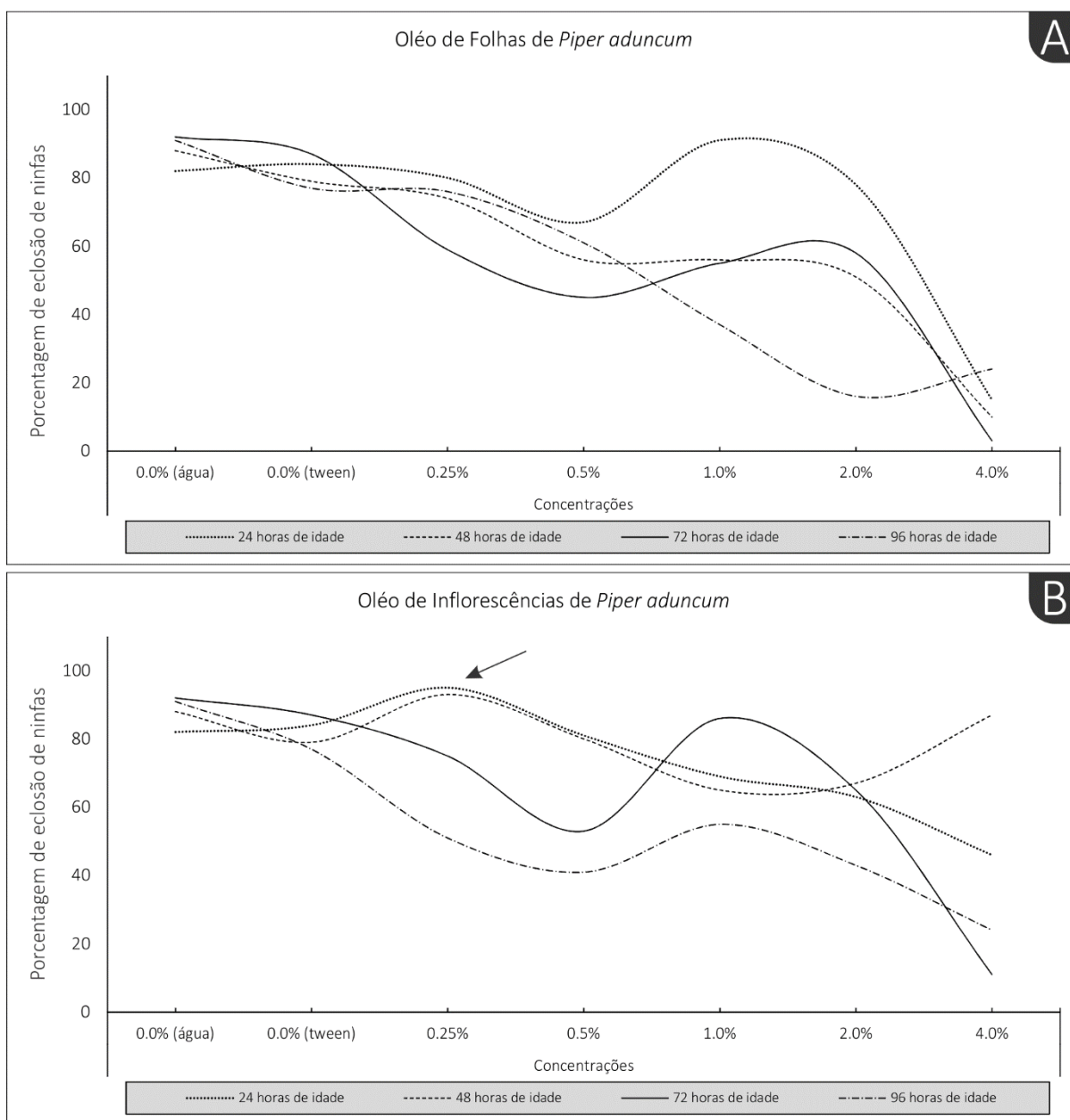


Figura 6.1. Porcentagem de eclosão de ninfas após imersão de ovos de *Tibraca limbativentris*, em óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper aduncum*. (A) Folhas, (B) Inflorescências. A seta indica onde ocorreu o efeito hormese.



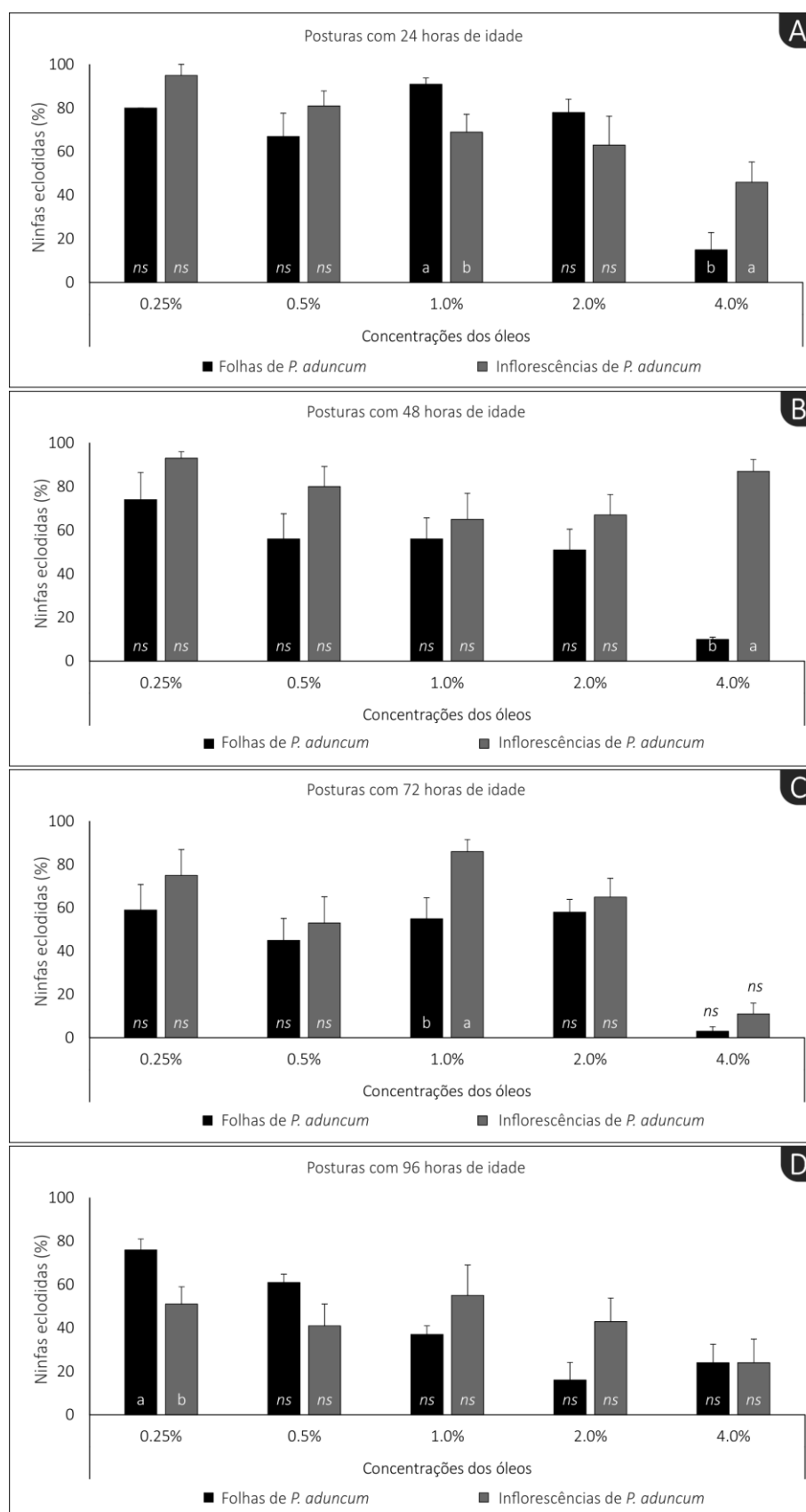


Figura 6.2. Comparação da porcentagem média de ninfas eclodidas ( $\pm$  erro padrão) após a imersão de ovos de *Tibraca limbativentris* nos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper aduncum*. A) Ovos com 24 horas de idade (HI); B) Ovos com 48 HI; C) Ovos com 72 HI; e D) Ovos com 96 HI. Avaliação realizada 240 horas após a imersão dos ovos (HAIO) em cada tratamento.

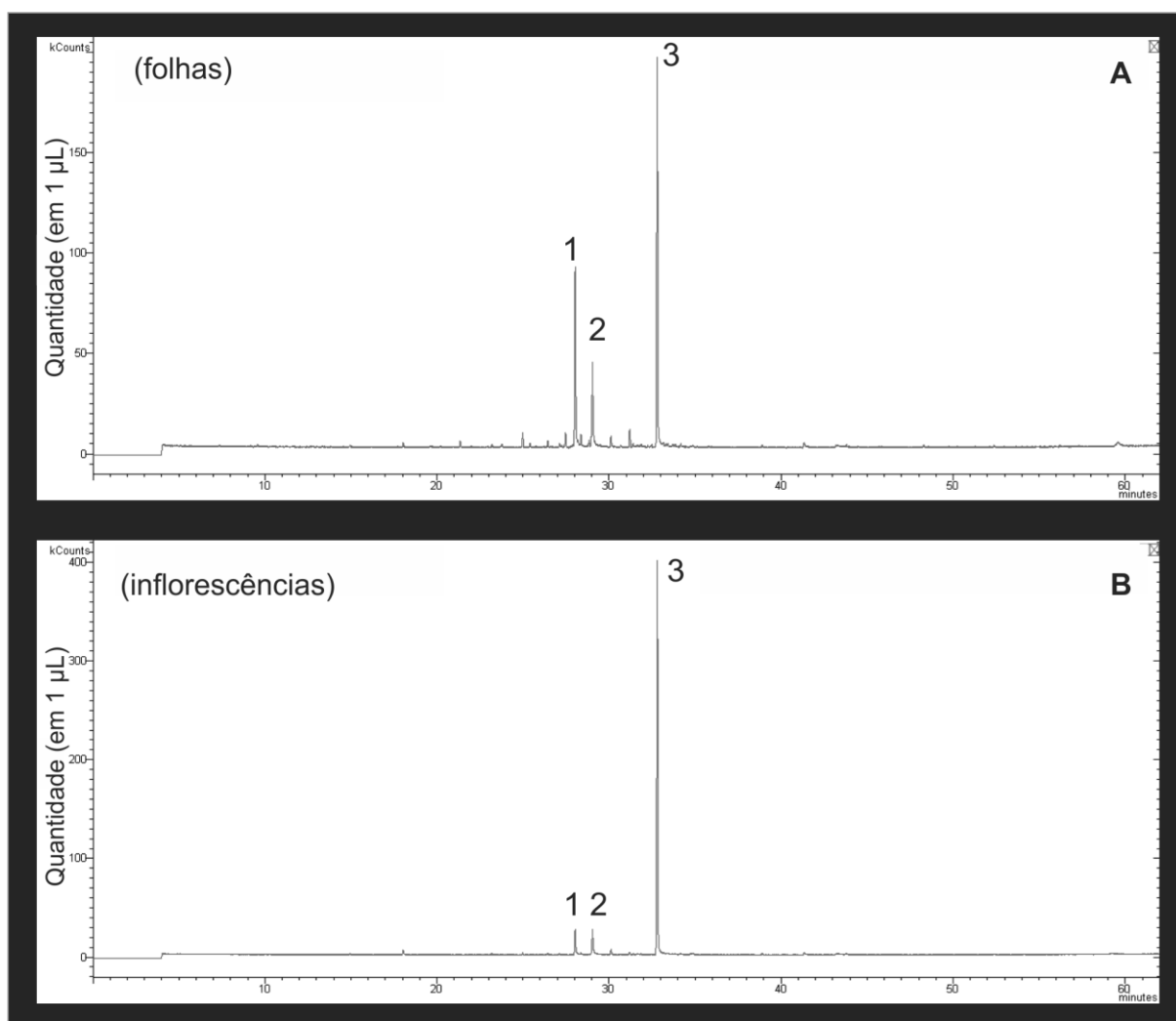


Figura 6.3. Principais constituintes químicos presentes em óleos essenciais de folhas (a) e inflorescências (b) de *Piper aduncum* coletados em Tangará da Serra, MT. 2012. 1) Miristicina; 2) Z-Carpacina e 3) Dilapiol.

### ***Piper malacophyllum***

A maior parte dos tratamentos tanto com o óleo essencial das folhas quanto com o óleo das inflorescências de *P. malacophyllum* permitiu taxas de eclosão acima de 50%. Exceto na maior concentração em ovos com 24 HI e nas concentrações entre 0.5 e 2% em ovos com 96 HI para o óleo obtido das folhas. O óleo essencial das inflorescências não apresentou relação entre as concentrações e a mortalidade dos ovos, assim como em relação à idade dos ovos. Ovos tratados mais próximos à eclosão (72 e 96 HI) foram estatisticamente mais suscetíveis ao óleo das inflorescências do que posturas com 24 e 48 HI, com exceção das concentrações de 1% e 2% que não apresentaram diferença significativa quando comparadas com as testemunhas (Tabela 6.2, Figura 6.4).

Comparando-se o efeito das concentrações dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *P. malacophyllum*, nota-se que não houve diferença significativa na eclosão de ninfas entre os óleos aplicados em posturas com 24 HI. Já em posturas mais velhas, os óleos obtidos das inflorescências foram significativamente mais eficientes, reduzindo mais a eclosão de ninfas para posturas com 48 HI para a concentração de 0.5% (U= 89.000; p= 0.003), em posturas com 72 HI nas concentrações de 2% (U= 99.000; p= 0.000) e 4% (U= 95.000; p= 0.000), e em posturas com 96 HI nas concentrações de 0.5% (U= 79.000; p= 0.029) e 4% (U= 99.000; p= 0.000). O óleo essencial das folhas, quando comparado ao das inflorescências, só apresentou menor eclosão de ninfas em posturas com 96 HI na concentração de 0.25% (U= 22.000; p= 0.031) (Figura 6.5).

As menores porcentagens de eclosão de ninfas nos tratamentos com óleo das inflorescências de *P. malacophyllum*, possivelmente estão relacionadas com a grande quantidade de  $\beta$ -cubebene (38.7%) e  $\alpha$ -guaiene (24.4%) encontrados nos óleos obtidos desta parte da planta. Já os principais compostos encontrados no óleo das folhas foram diferentes, com destaque para o  $\alpha$ -bulnesene (20.7%) e trans- $\beta$ -guaiene (15.8%) (Figura 6.6).

Tabela 6.2. Número e porcentagem média de eclosão ( $\pm$  erro padrão) de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a imersão de posturas com 24, 48, 72 e 96 horas de idade (HI) em óleos essenciais de *Piper malacophyllum*.

Parte vegetal/ Concentrações	Idade dos ovos*				H <sup>2</sup>	F <sup>3</sup>	p-valor	
	24 h	48 h	72 h	96 h				
Folhas	4.0 % <sup>ns</sup>	3.5 ± 0.7 b <sup>1</sup> (35%)	6.1 ± 0.8 <sup>ns</sup> (61%)	5.2 ± 0.8 bc (52%)	5.6 ± 0.9 abc (56%)	-	1.702	0.184
	2.0 %	4.9 ± 1.4 abAB (49%)	7.6 ± 0.9 <sup>ns</sup> A (76%)	7.3 ± 0.7 abcAB (73%)	3.8 ± 0.7 cB (38%)	9.437	-	0.024
	1.0 %	7.3 ± 0.8 abAB (73%)	8.6 ± 0.4 <sup>ns</sup> A (86%)	7.0 ± 0.8 abcAB (70%)	4.4 ± 1.0 bcB (44%)	9.872	-	0.020
	0.5 %	8.5 ± 0.6 aA (85%)	8.4 ± 0.4 <sup>ns</sup> AB (84%)	7.5 ± 1.0 abcAB (75%)	4.6 ± 0.8 bcB (46%)	10.279	-	0.016
	0.25 %	8.4 ± 0.7 aA (84%)	7.9 ± 0.6 <sup>ns</sup> AB (79%)	5.0 ± 0.8 cB (50%)	8.1 ± 0.4 abAB (81%)	11.302	-	0.010
	Tween <sup>ns</sup>	8.4 ± 0.6 a (84%)	7.9 ± 0.7 a (79%)	8.7 ± 0.4 a (87%)	7.7 ± 0.5 a (77%)	2.061	-	0.560
	Água <sup>ns</sup>	8.2 ± 0.8 a (82%)	8.8 ± 0.4 a (88%)	9.2 ± 0.2 a (92%)	9.1 ± 0.4 a (91%)	0.358	-	0.949
	H <sup>2</sup>	20.415	7.402	24.532	30.858	-	-	-
	p-valor	0.002	0.285	0.000	<0.0001	-	-	-
Inflorescências	4.0 %	2.6 ± 0.9 bAB (26%)	5.4 ± 0.8 bcA (54%)	0.0 ± 0.0 cC (0%)	0.2 ± 0.1 bBC (2%)	28.403	-	<0.0001
	2.0 %	7.7 ± 0.5 abA (77%)	7.7 ± 0.5 abcA (77%)	0.3 ± 0.3 bB (3%)	5.0 ± 0.8 abcAB (50%)	25.712	-	<0.0001
	1.0 % <sup>ns</sup>	7.3 ± 0.5 ab (73%)	5.0 ± 1.3 abc (50%)	6.4 ± 1.2 ab (64%)	4.6 ± 0.7 bc (46%)	5.609	-	0.132
	0.5 %	8.1 ± 0.8 aA (81%)	4.7 ± 0.9 cAB (47%)	4.2 ± 1.4 abAB (42%)	1.8 ± 0.6 bB (18%)	14.541	-	0.002
	0.25 % <sup>ns</sup>	7.5 ± 0.7 ab (75%)	9.3 ± 0.3 a (93%)	6.8 ± 1.3 a (68%)	9.4 ± 0.2 a (94%)	8.169	-	0.043
	Tween <sup>ns</sup>	8.4 ± 0.6 a (84%)	7.9 ± 0.7 a (79%)	8.7 ± 0.4 a (87%)	7.7 ± 0.5 a (77%)	2.061	-	0.560
	Água <sup>ns</sup>	8.2 ± 0.8 a (82%)	8.8 ± 0.4 a (88%)	9.2 ± 0.2 a (92%)	9.1 ± 0.4 a (91%)	0.358	-	0.949
	H <sup>2</sup>	21.939	26.272	38.176	55.215	-	-	-
	p-valor	0.001	0.000	<0.0001	<0.0001	-	-	-

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e de letras minúsculas nas colunas não diferem pelos testes <sup>2</sup>Kruskal-Wallis ou <sup>3</sup>Tukey ( $p < 0.05$ ). \*avaliação 240 horas após da imersão dos ovos nos óleos essenciais; NS: não significativo.

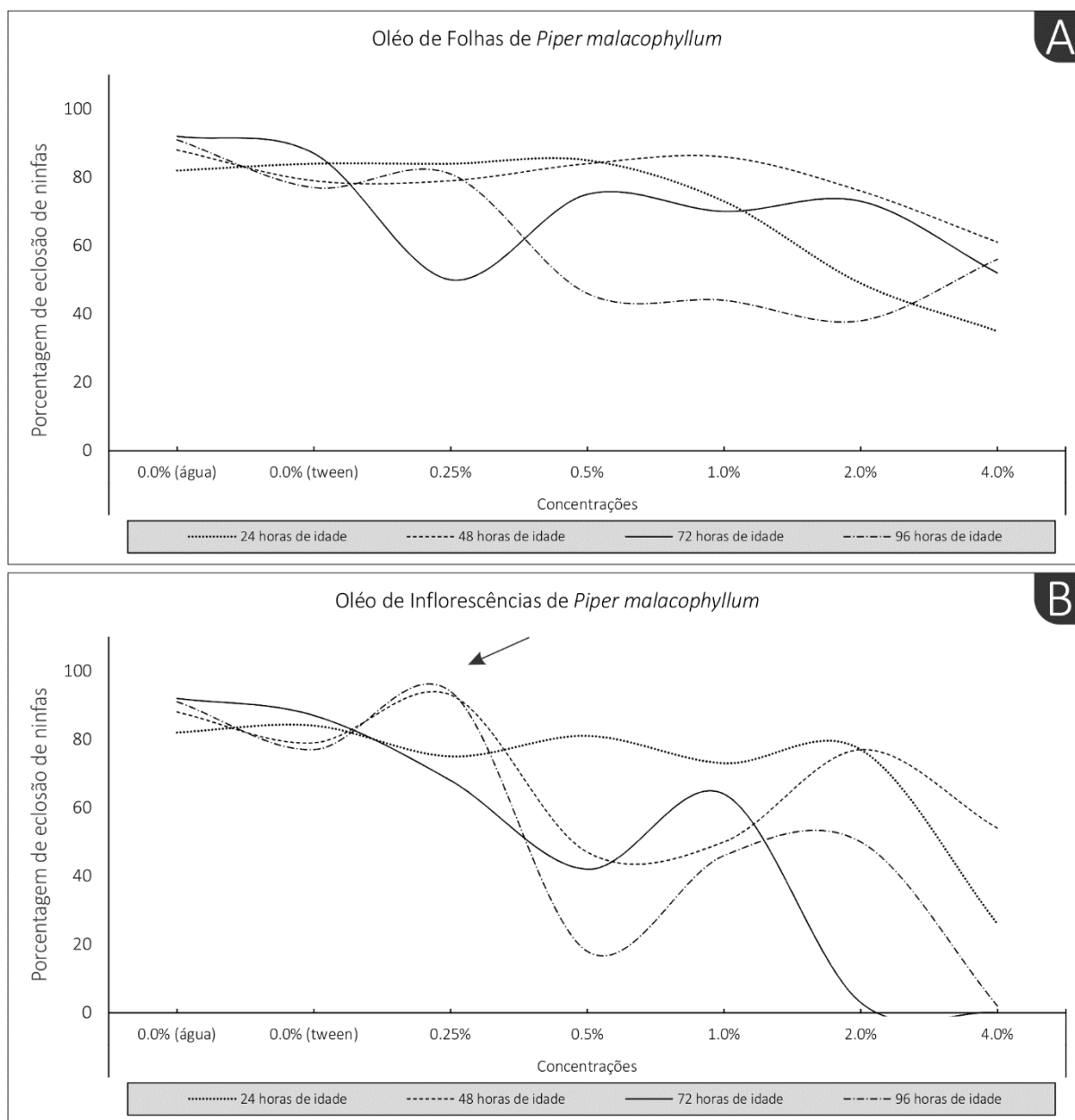


Figura 6.4. Porcentagem de eclosão de ninfas após imersão de ovos de *Tibraca limbativentris*, em óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper malacophyllum*. (A) Folhas, (B) Inflorescências. A seta indica onde ocorreu o efeito hormese.

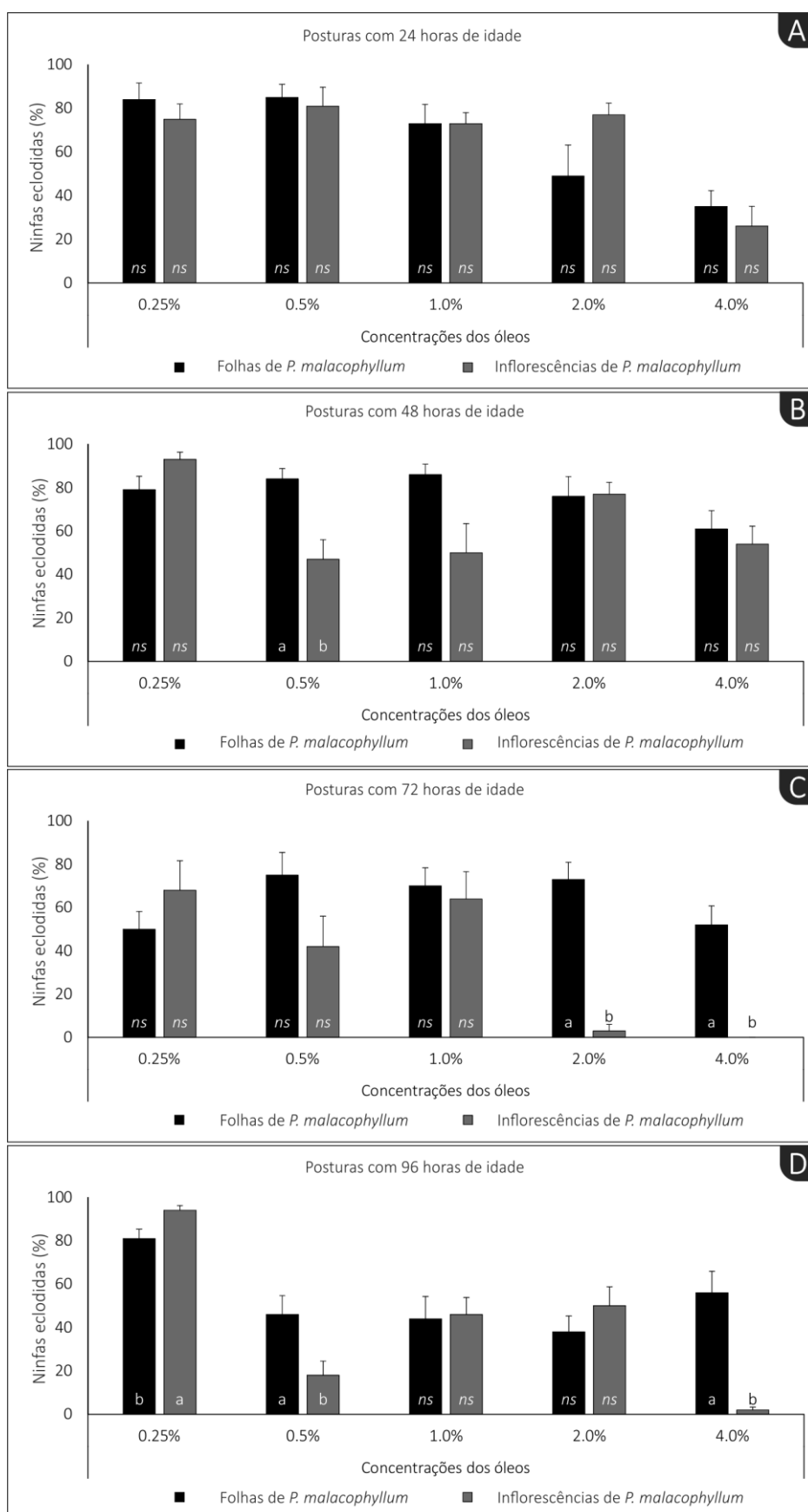


Figura 6.5. Comparação da porcentagem média de ninfas eclodidas após a imersão de ovos de *Tibraca limbativentris* com diferentes idades, nos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper malacophyllum*. Avaliação realizada 240 horas após a imersão dos ovos (HAIO) em cada tratamento.

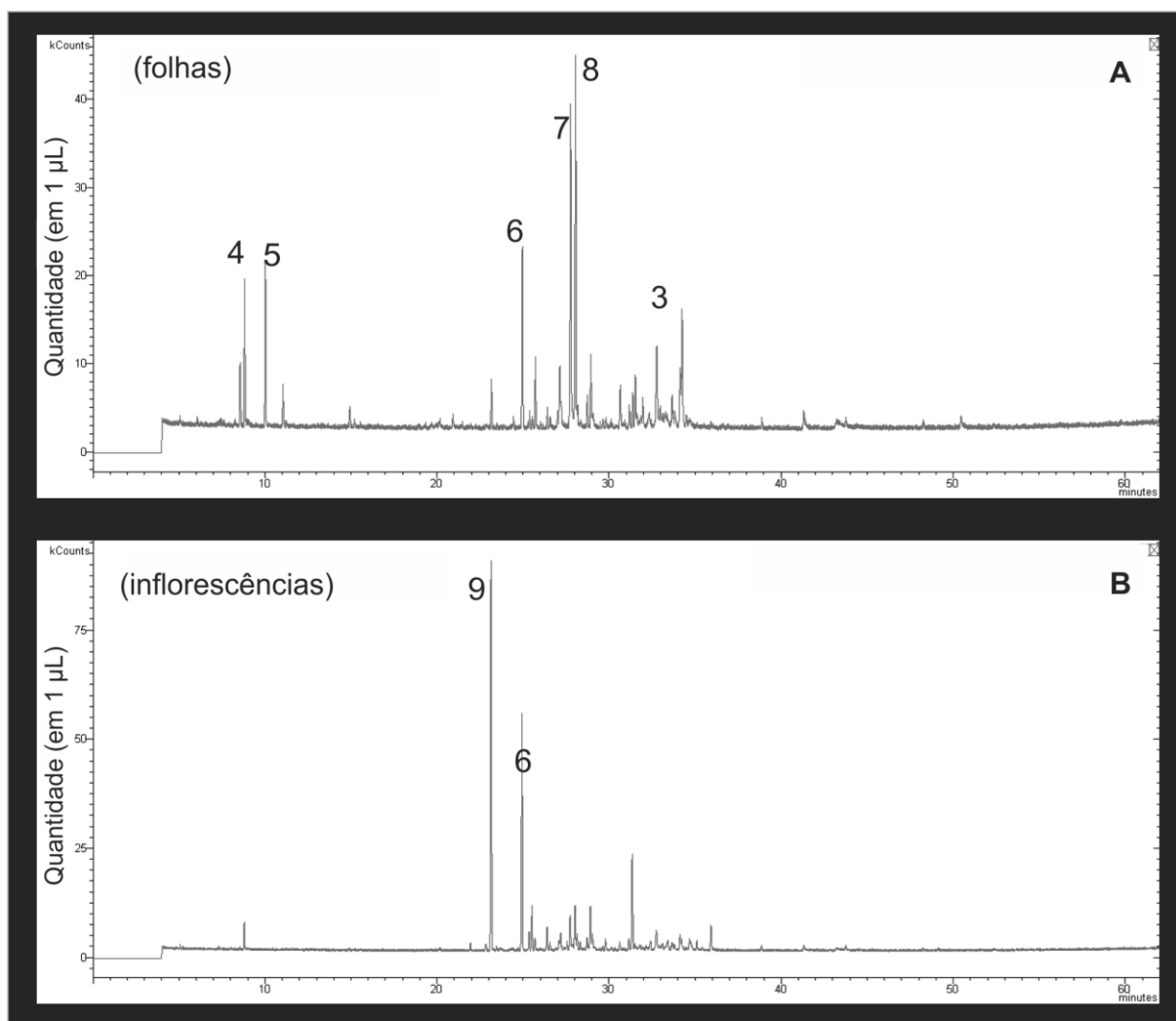


Figura 6.6. Principais constituintes químicos presentes em óleos essenciais de folhas (a) e inflorescências (b) de *Piper malacophyllum* coletados em Tangará da Serra, MT, 2012. 3) Dilapiol; 4) o-Cymene; 5)  $\gamma$ -Terpinene; 6)  $\alpha$ -Guaiene; 7) trans- $\beta$ -Guaiene; 8)  $\alpha$ -Bulnesene e 9)  $\beta$ -Cubebene.

### ***Piper marginatum***

As duas maiores concentrações de folhas e inflorescências de *P. marginatum* apresentaram maior impacto sobre os ovos de *T. limbativentris* com porcentagens de inibição da eclosão que variaram de 63 a 100%. Concentrações abaixo de 2% não diferiram estatisticamente das testemunhas, com exceção do tratamento com óleo das folhas em posturas com 72 HI, que permitiu apenas 2% e 1% de eclosão de ninfas nas concentrações de 0.5% e 1% respectivamente (Tabela 6.3, Figura 6.7).

Comparando-se o efeito das concentrações entre os óleos essenciais de folhas e inflorescências de *P. marginatum*, não foi registrada diferença significativa na eclosão de ninfas após a aplicação dos óleos na concentração de 0.25% em nenhuma idade dos ovos (Figura 6.8). Os óleos das folhas foram mais eficientes do que o óleo das inflorescências em posturas mais velhas, com inibição significativa na eclosão de ninfas em posturas com 72 HI nas concentrações de 0.5%, 1% e 2% com valores de eclosão que não ultrapassaram 2% ( $U = 6.000$ ;  $p = 0.000$ ), 1% ( $U = 0.000$ ;  $p < 0.0001$ ) e 10% ( $U = 22.500$ ;  $p = 0.036$ ), respectivamente. E em posturas com 96 HI, na concentração de 2%, o óleo das folhas permitiu apenas 37% de eclosão de ninfas, enquanto que com o óleo das inflorescências essa porcentagem chegou a 70% ( $t = -3.637$ ;  $p = 0.002$ ). O óleo essencial das inflorescências foi mais eficiente do que o óleo das folhas apenas em posturas com 24 HI não passando de 3% de eclosão de ninfas na concentração de 4% ( $U = 85.000$ ;  $p = 0.002$ ) (Figura 6.8).

As diferenças observadas entre os tratamentos com óleo de folhas e inflorescências, possivelmente estão relacionados com os principais compostos químicos presentes nas diferentes partes vegetais, como o prezizane (7.6%), E-isolemicin (10.0%) e spathulenol (9.3%) encontrados nas folhas, e o longifolene (10.3%), prezizane (8.5%), trans-muurola-4(14),5-diene (5.6%), spathulenol (9.3%) e alloedrol (7.6%) presentes nas inflorescências (Figura 6.9).



Tabela 6.3. Número e porcentagem média de eclosão ( $\pm$  erro padrão) de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a imersão de posturas com 24, 48, 72 e 96 horas de idade em óleos essenciais de *Piper marginatum*.

Parte vegetal/ Concentrações		Idade dos ovos*					
		24 h	48 h	72 h	96 h	H <sup>2</sup>	p-valor
Folhas	4.0 % <sup>ns</sup>	1.5 ± 0.5 b <sup>1</sup> (15%)	0.3 ± 0.1 b (3%)	0.4 ± 0.3 b (4%)	0.9 ± 0.4 c (9%)	6.264	0.099
	2.0 %	1.1 ± 0.4 bAB (11%)	0.3 ± 0.1 bB (3%)	1.0 ± 0.3 bAB (10%)	3.7 ± 0.7 bcA (37%)	14.462	0.002
	1.0 %	4.8 ± 0.9 abA (48%)	5.5 ± 1.0 abA (55%)	0.1 ± 0.1 bB (1%)	8.3 ± 0.4 aA (83%)	25.189	<0.0001
	0.5 % <sup>ns</sup>	7.4 ± 0.9 aA (74%)	6.2 ± 1.1 aA (62%)	0.2 ± 0.2 bB (2%)	8.0 ± 0.6 abA (80%)	20.019	0.000
	0.25 % <sup>ns</sup>	7.4 ± 1.1 a (74%)	7.7 ± 0.8 a (77%)	4.8 ± 1.4 ab (48%)	8.7 ± 0.6 a (87%)	4.414	0.220
	Tween <sup>ns</sup>	8.4 ± 0.6 a (84%)	7.9 ± 0.7 a (79%)	8.7 ± 0.4 a (87%)	7.7 ± 0.5 a (77%)	2.061	0.560
	Água <sup>ns</sup>	8.2 ± 0.8 a (82%)	8.8 ± 0.4 a (88%)	9.2 ± 0.2 a (92%)	9.1 ± 0.4 a (91%)	0.358	0.949
	H <sup>2</sup>	38.823	43.678	49.168	43.233	-	-
p-valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-	
Inflorescências	4.0 %	0.0 ± 0.0 bB (0%)	1.1 ± 0.5 bAB (11%)	0.6 ± 0.3 bAB (6%)	2.1 ± 0.7 bA (21%)	8.863	0.031
	2.0 % <sup>ns</sup>	1.7 ± 0.8 bB (17%)	2.8 ± 0.7 bcB (28%)	4.6 ± 1.2 abAB (46%)	7.0 ± 0.5 abA (70%)	14.541	0.002
	1.0 % <sup>ns</sup>	6.8 ± 0.5 ab (68%)	4.3 ± 1.1 abc (43%)	7.5 ± 0.8 a (75%)	6.2 ± 1.0 ab (62%)	5.506	0.138
	0.5 %	8.4 ± 1.0 a (84%)	7.3 ± 0.7 ab (73%)	6.0 ± 1.1 a (60%)	6.3 ± 1.1 ab (63%)	3.631	0.304
	0.25 %	8.7 ± 0.8 aA (87%)	8.4 ± 0.4 aAB (84%)	6.2 ± 0.9 abB (62%)	8.3 ± 0.7 aAB (83%)	8.704	0.033
	Tween <sup>ns</sup>	8.4 ± 0.6 a (84%)	7.9 ± 0.7 a (79%)	8.7 ± 0.4 a (87%)	7.7 ± 0.5 a (77%)	2.061	0.560
	Água <sup>ns</sup>	8.2 ± 0.8 a (82%)	8.8 ± 0.4 a (88%)	9.2 ± 0.2 a (92%)	9.1 ± 0.4 a (91%)	0.358	0.949
	H <sup>2</sup>	43.400	40.586	32.321	27.697	-	-
p-valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.000	-	-	

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e de letras minúsculas nas colunas não diferem pelo teste

<sup>2</sup>Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ); \*avaliação realizada 240 horas após da imersão dos ovos (HAIO) nos óleos essenciais; NS: não significativo.

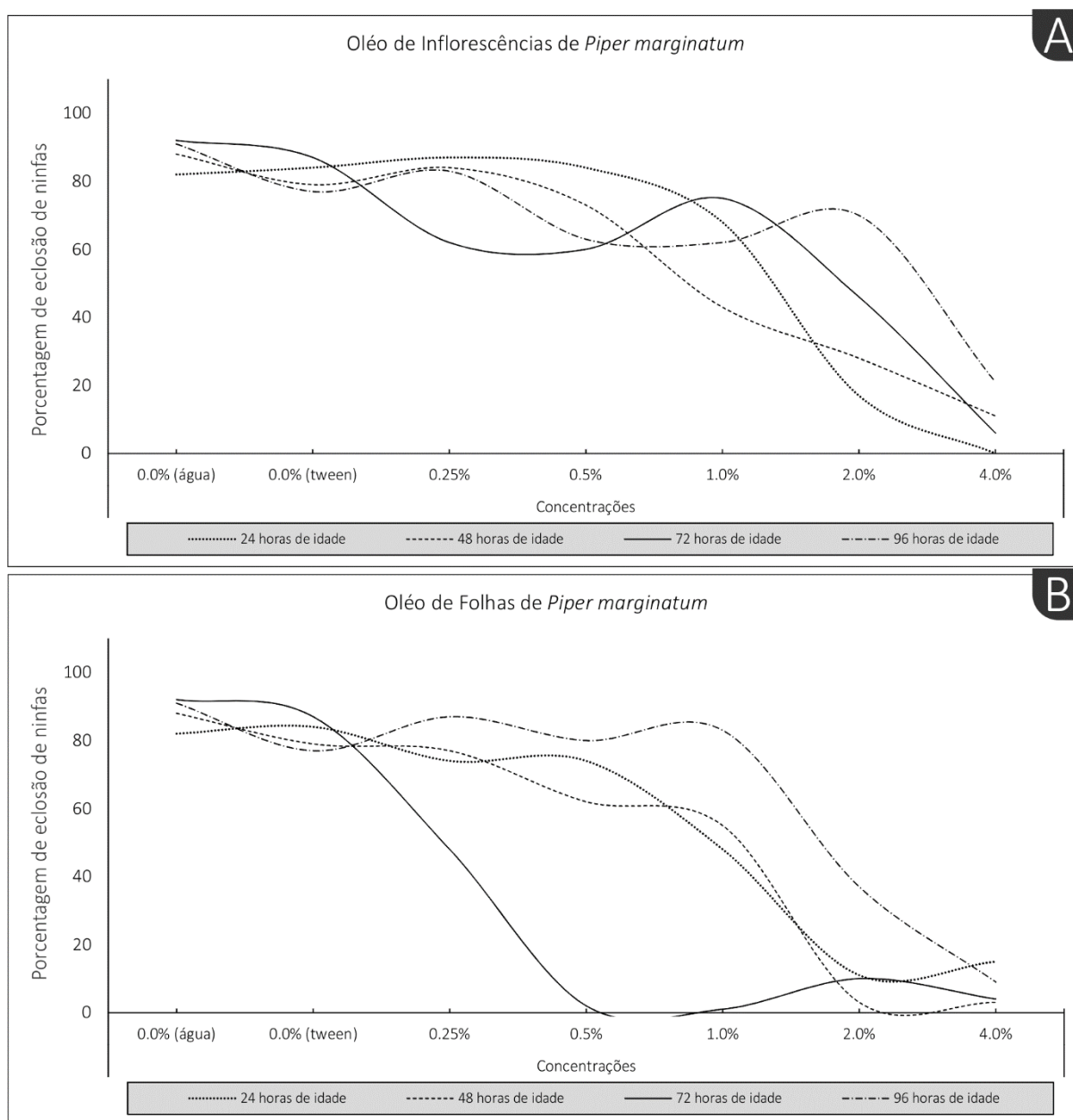


Figura 6.7. Porcentagem de eclosão de ninfas após imersão de ovos de *Tibraca limbativentris*, em óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper marginatum*. (A) Folhas, (B) Inflorescências.

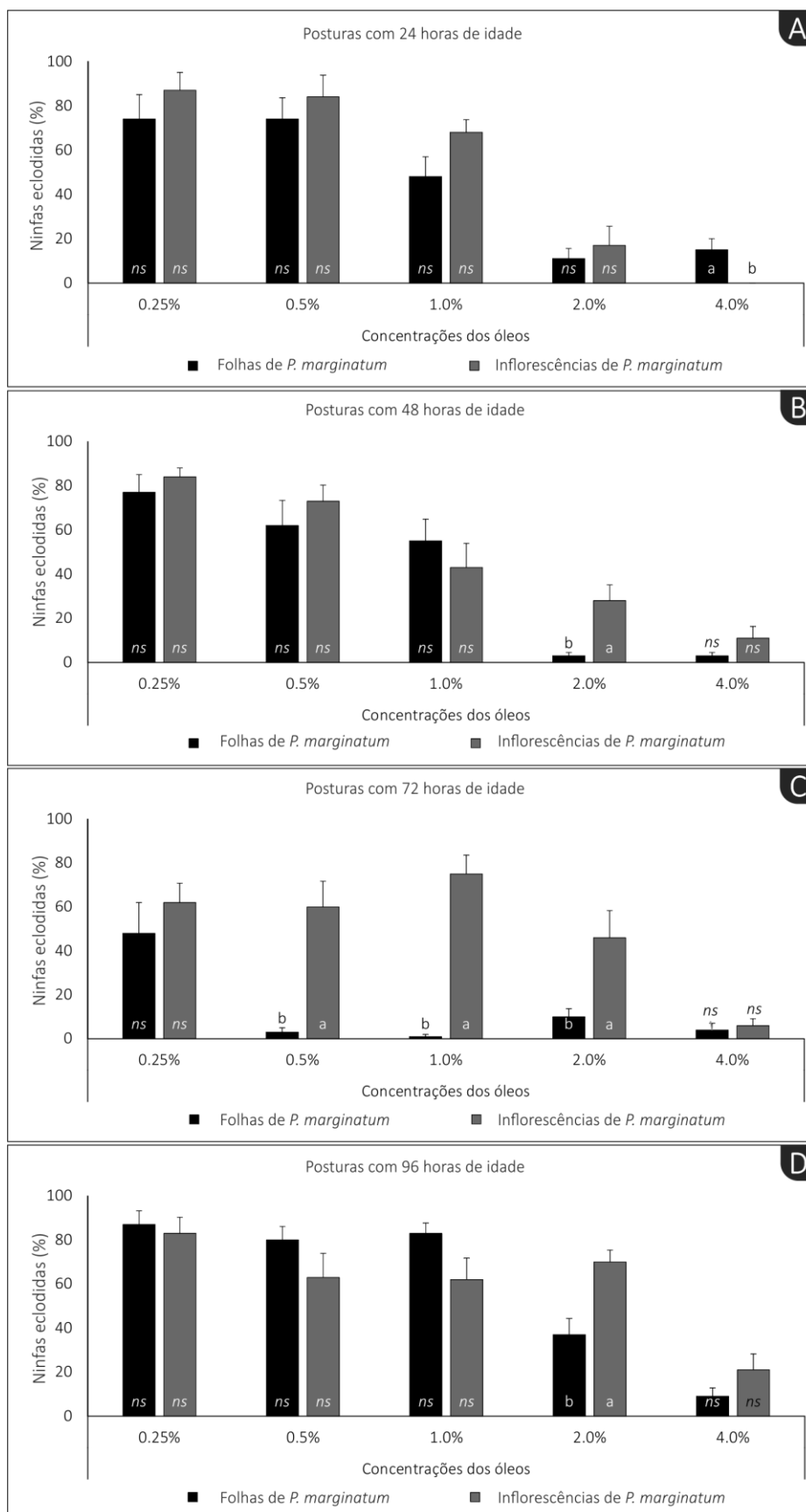


Figura 6.8. Comparação da porcentagem média de ninfas eclodidas após a imersão de ovos de *Tibraca limbativentris* com diferentes idades, nos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper marginatum*. Avaliação realizada 240 horas após da imersão dos ovos (HAIO) em cada tratamento.

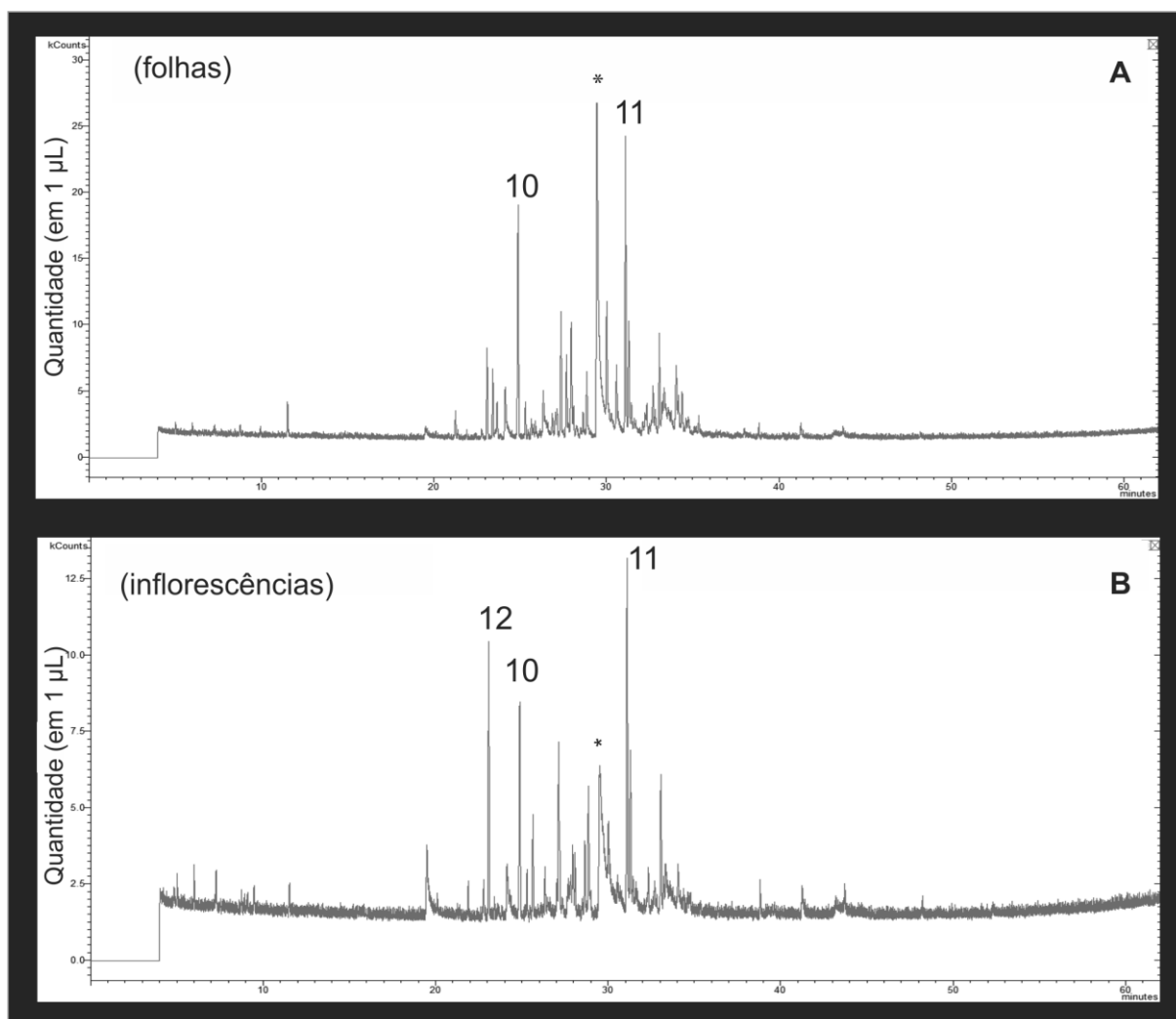


Figura 6.9. Principais constituintes químicos presentes em óleos essenciais de folhas (a) e inflorescências (b) de *Piper marginatum* coletados em Tangará da Serra, MT. 2012. 10) Prezizane; 11) Spathulenol e 12) Longifolene. \*Ftalato.

### ***Piper gaudichaudianum***

Entre os óleos de *P. gaudichaudianum*, diferentemente aos óleos de *P. malacophyllum*, apenas o óleo obtido das folhas apresentou atividade ovicida sobre ovos do percevejo do colmo, com porcentagens de inibição que aumentaram com a idade das posturas, chegando a 90% em posturas com 96 HI (Tabela 6.4, Figura 6.10).

Apenas a concentração de 4% do óleo extraído das folhas de *P. gaudichaudianum* inibiram a eclosão de mais de 75% das ninfas em todas as idades dos ovos, exceto em posturas com 72 HI que a eclosão de ninfas sempre foi maior que 58% em todas as concentrações testadas. Posturas com 96 HI tenderam a ser mais suscetíveis aos tratamentos tanto com os óleos de folhas e inflorescências do que posturas com menor desenvolvimento (Tabela 6.4).

Comparando o efeito das concentrações dos óleos essenciais entre as duas partes vegetais de *P. gaudichaudianum*, nota-se que o óleo de folhas foi mais eficiente que o óleo das inflorescências nas concentrações de 0.25% em posturas com 24 HI (U= 83.500; p= 0.008), 48 HI (U= 84.500; p= 0.009) e 72 HI (U= 85.000; p= 0.002) (Figura 6.11).

Além disso, o óleo das folhas na concentração de 1%, também foi significativamente mais eficiente do que o óleo das inflorescências sobre posturas com 24 HI (U= 82.000; p= 0.015). O óleo das inflorescências foi mais eficiente do que o óleo das folhas em posturas com 24 HI na concentração de 4% (U= 3.000; p= 0.000), em posturas com 48 HI nas concentrações de 1% (U= 22.500; p= 0.036) e 4% (U= 8.500; p= 0.002), e em posturas com 96 HI nas concentrações de 0.5% ( $t = -2.455$ ; p= 0.024), 2% ( $t = -2.351$ ; p= 0.030) e 4% (U= 17.000; p= 0.011) (Figura 6.11).

Essas diferenças encontradas entre os tratamentos com óleo de folhas e inflorescências de *P. gaudichaudianum* possivelmente estão relacionadas com a grande quantidade de sabinene (20.3%) e  $\delta$ -2-carene (65.4%) presentes nas inflorescências e dos compostos longipinanol (19.1%), globulol (10.3%), 5-epi-7-epi- $\alpha$ -eudesmol (13.3%) e  $\alpha$ -guaiene (8.3%) encontrados nas folhas (Figura 6.12).

Tabela 6.4. Número e porcentagem média de eclosão ( $\pm$  erro padrão) de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a imersão de posturas com 24, 48, 72 e 96 horas de idade (HI) em diferentes concentrações dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper gaudichaudianum*.

Parte vegetal/ Concentrações		Idade dos ovos*				H <sup>2</sup>	F <sup>3</sup>	p-valor
		24 h	48 h	72 h	96 h			
Folhas	4.0 % <sup>ns</sup>	2.5 ± 0.4 bAB <sup>1</sup> (25%)	1.0 ± 0.3 BAB (10%)	5.8 ± 1.0 bA (58%)	1.0 ± 0.5 cB (10%)	13.380	-	0.004
	2.0 %	7.3 ± 0.7 abA (73%)	6.2 ± 0.5 abA (62%)	6.7 ± 0.9 bA (67%)	2.5 ± 0.8 cB (25%)	-	7.8661	0.0004
	1.0 %	8.4 ± 0.7 a (84%)	7.4 ± 0.6 a (74%)	6.0 ± 0.9 b (60%)	5.3 ± 1.1 abc (53%)	6.038	-	0.110
	0.5 %	8.7 ± 0.7 aA (87%)	7.9 ± 0.6 aA (79%)	7.0 ± 0.8 bAB (70%)	2.9 ± 0.8 bcB (29%)	17.545	-	0.001
	0.25 %	9.6 ± 0.3 aA (96%)	9.0 ± 0.3 aA (90%)	10.0 ± 0.0 aA (100%)	3.6 ± 0.6 bcB (36%)	29.964	-	<0.0001
	Tween <sup>ns</sup>	8.4 ± 0.6 a (84%)	7.9 ± 0.7 a (79%)	8.7 ± 0.4 a (87%)	7.7 ± 0.5 a (77%)	2.061	-	0.560
	Água <sup>ns</sup>	8.2 ± 0.8 a (82%)	8.8 ± 0.4 a (88%)	9.2 ± 0.2 a (92%)	9.1 ± 0.4 a (91%)	0.358	-	0.949
	H <sup>2</sup>	30.054	35.613	29.650	40.296	-	-	-
p-valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-	-	
Inflorescências	4.0 %	7.9 ± 0.6 <sup>ns</sup> (79%)	7.4 ± 0.8 <sup>ns</sup> (74%)	4.9 ± 0.9 c (49%)	4.3 ± 1.0 b (43%)	9.802	-	0.020
	2.0 %	7.0 ± 0.7 <sup>ns</sup> (70%)	6.8 ± 0.9 <sup>ns</sup> (68%)	5.9 ± 0.6 bc (59%)	5.4 ± 0.9 b (54%)	3.656	-	0.301
	1.0 % <sup>ns</sup>	4.7 ± 1.1 <sup>ns</sup> B (47%)	8.6 ± 0.6 <sup>ns</sup> A (86%)	5.3 ± 0.8 cB (53%)	5.1 ± 0.7 bB (51%)	12.867	-	0.005
	0.5 %	6.0 ± 1.3 <sup>ns</sup> (60%)	6.9 ± 1.1 <sup>ns</sup> (69%)	6.6 ± 0.7 abc (66%)	5.4 ± 0.5 b (54%)	2.116	-	0.549
	0.25 % <sup>ns</sup>	6.9 ± 0.9 <sup>ns</sup> AB (69%)	6.2 ± 0.8 <sup>ns</sup> AB (62%)	8.7 ± 0.3 abA (87%)	5.1 ± 0.7 bB (51%)	11.626	-	0.009
	Tween <sup>ns</sup>	8.4 ± 0.6 a (84%)	7.9 ± 0.7 a (79%)	8.7 ± 0.4 a (87%)	7.7 ± 0.5 a (77%)	2.061	-	0.560
	Água <sup>ns</sup>	8.2 ± 0.8 a (82%)	8.8 ± 0.4 a (88%)	9.2 ± 0.2 a (92%)	9.1 ± 0.4 a (91%)	0.358	-	0.949
	H <sup>2</sup>	9.611	8.749	33.721	26.123	-	-	-
p-valor	0.142	0.188	<0.0001	0.000	-	-	-	

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e de letras minúsculas nas colunas não diferem pelos testes <sup>2</sup>Kruskal-Wallis ou <sup>3</sup>Tukey ( $p < 0.05$ ). \*avaliação realizada 240 horas após da imersão dos ovos nos óleos essenciais; NS: não significativo.

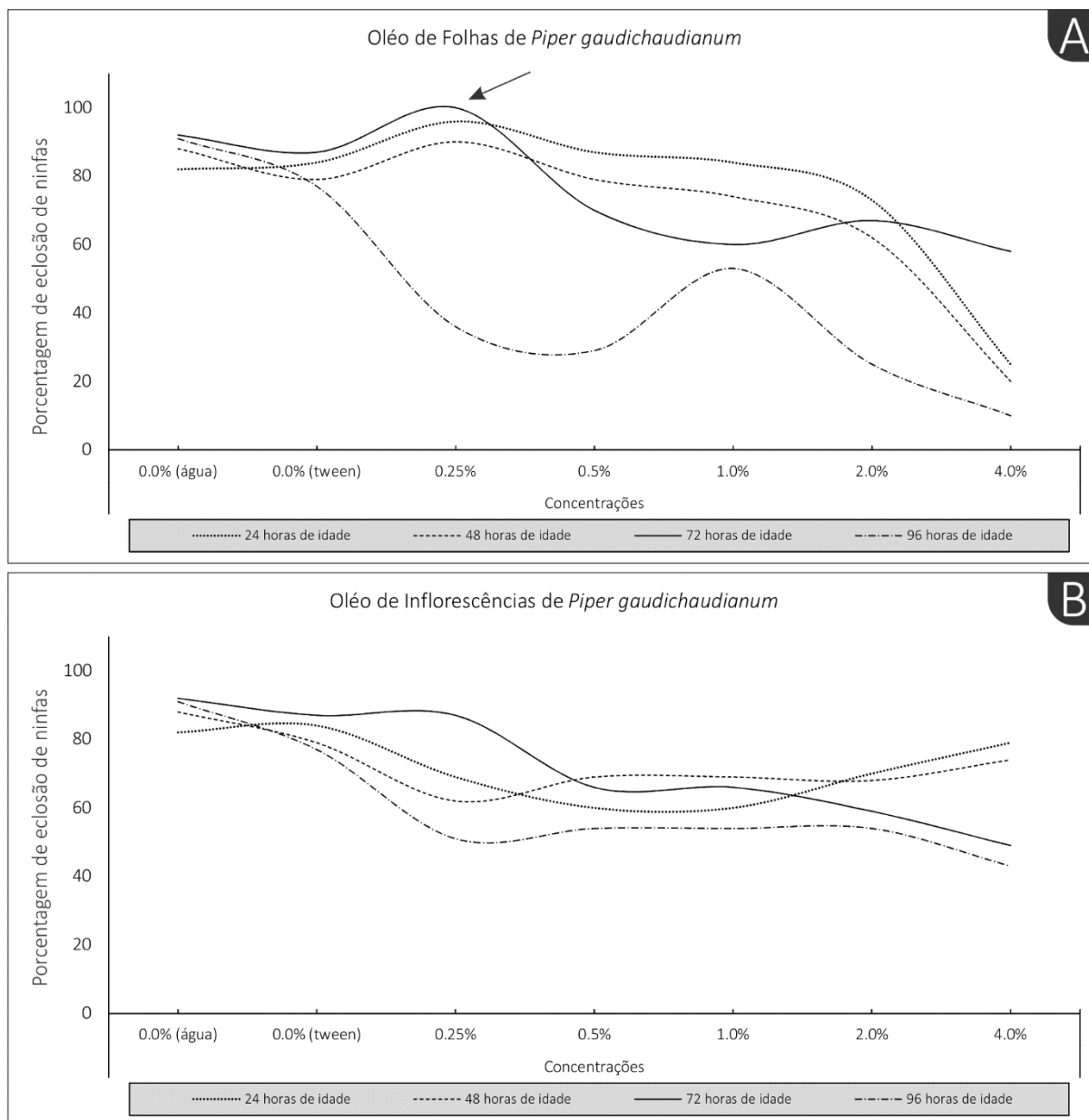


Figura 6.10. Porcentagem de eclosão de ninfas após imersão de ovos de *Tibraça limbativentris*, em óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper gaudichaudianum*. (A) Folhas, (B) Inflorescências. A seta indica onde ocorreu o efeito hormese.

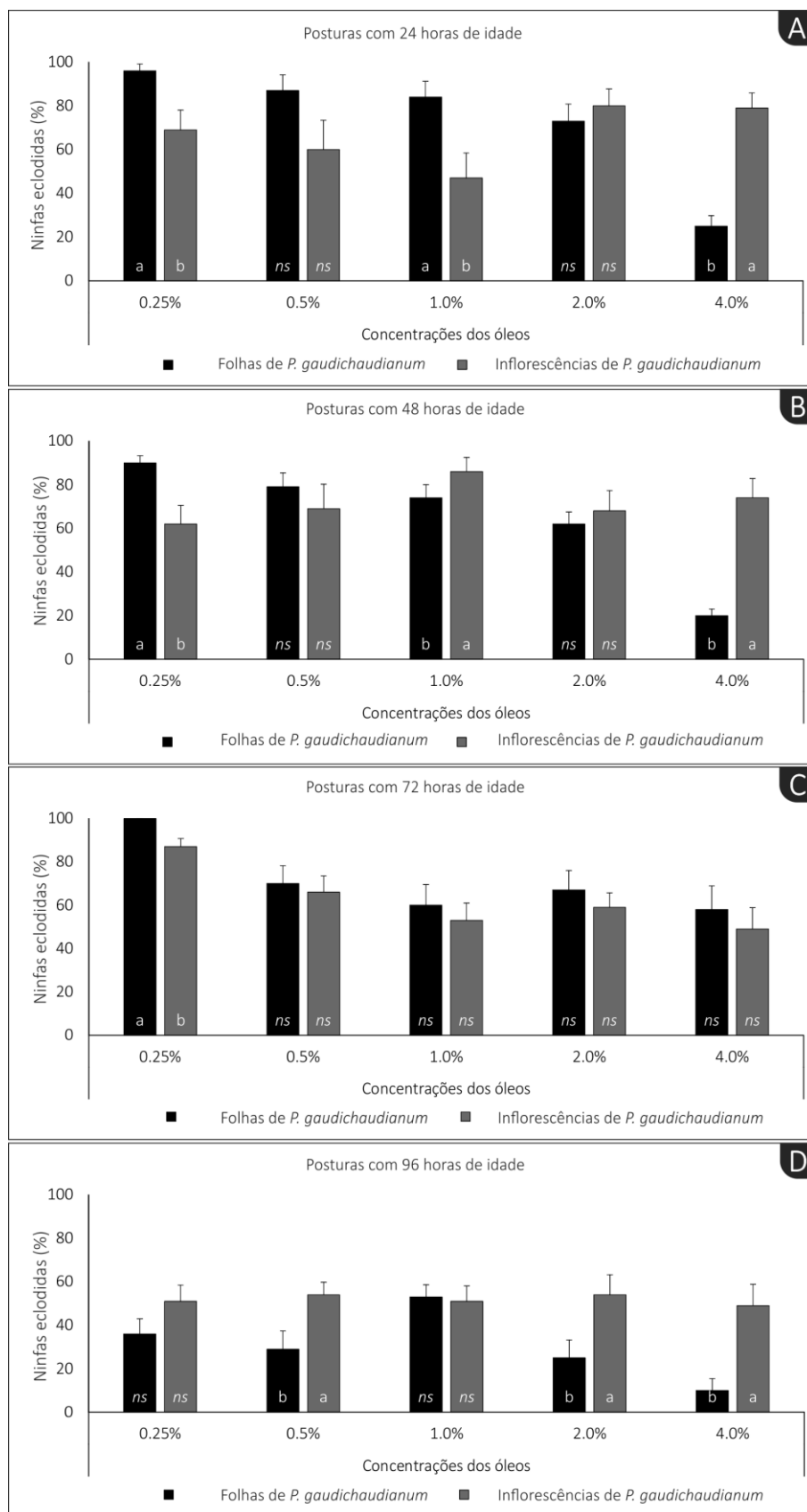


Figura 6.11. Comparação da porcentagem média de ninfas eclodidas após a imersão de ovos de *Tibraca limbativentris* com diferentes idades, nos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper gaudichaudianum*. Avaliação realizada 240 horas após da imersão dos ovos (HAIO) em cada tratamento.



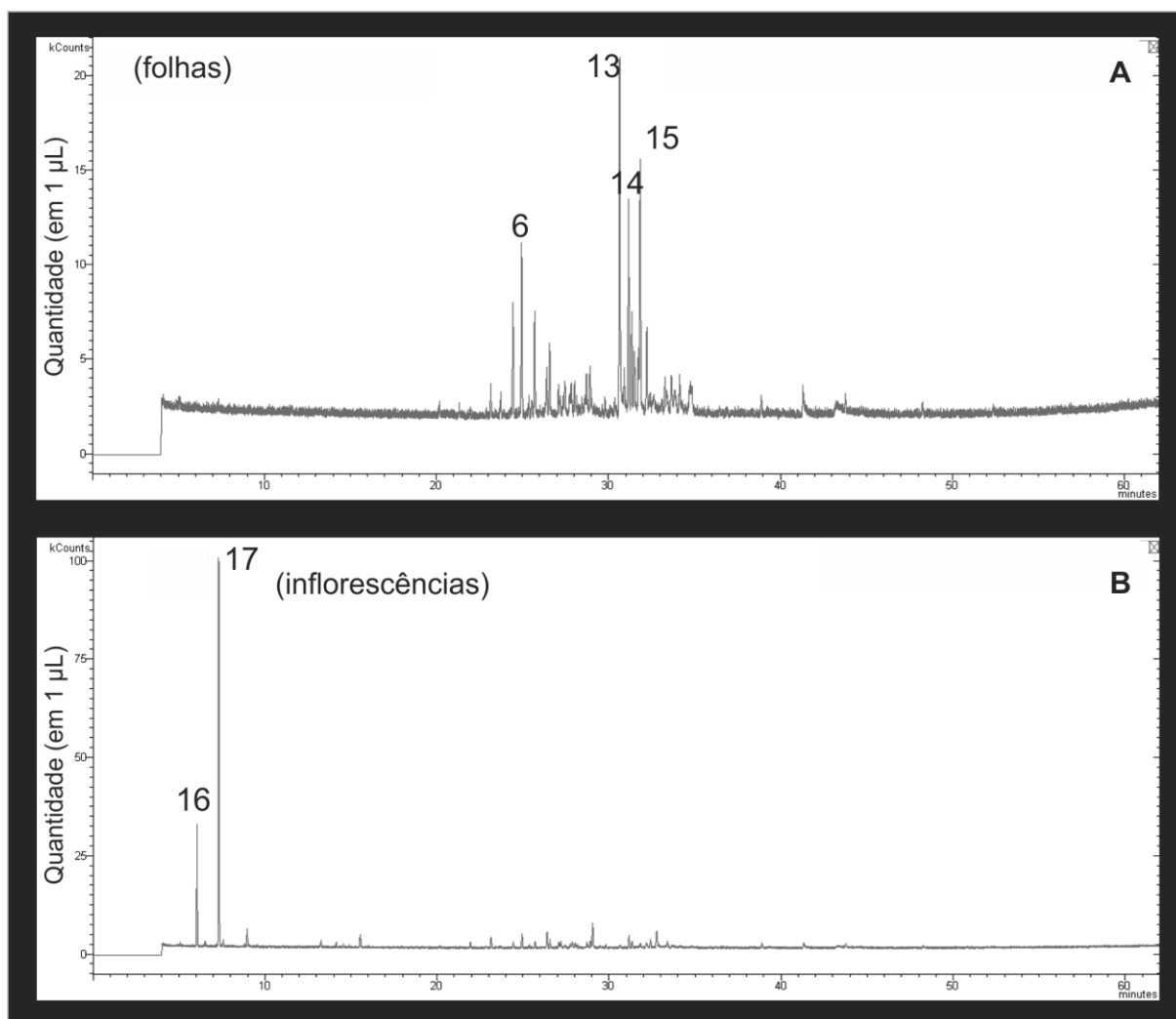


Figura 6.12. Principais constituintes químicos presentes em óleos essenciais de folhas (a) e inflorescências (b) de *Piper gaudichaudianum* coletados em Tangará da Serra, MT, 2012. 6)  $\alpha$ -guaiene; 13) Longipinanol; 14) Globulol; 15) 5-epi-7-epi- $\alpha$ -eudesmol; 16) Sabinene e 17)  $\delta$ -2-carene.

### *Piper tuberculatum*

Exceto na maior concentração, folhas de *P. tuberculatum* tiveram pequeno efeito sobre os ovos de *T. limbaventrís*, com exceção das posturas com 48 HI (concentração de 0.5%), 72 HI (concentração de 2%) e 96 HI (concentração de 0.25%) que apresentaram diferenças significativas quando comparadas às testemunhas. Não se observou qualquer relação entre toxicidade e idade dos ovos por ocasião do tratamento (Tabela 6.5, Figura 6.13).

Essas diferenças encontradas entre as concentrações do óleo de *P. tuberculatum* possivelmente estão relacionadas com a diversidade dos compostos encontrados e também com a quantidade de cada um destes componentes, com destaque para Miristicina (15.5%), Dilapiol (13.8%),  $\alpha$ -Guaiene (13.0%), 9-epi-E-Cariofilene (7.1%) e trans-Muurolo-4(14).5-Diene (9.9%) que podem estar atuando sinergicamente (Figura 6.14).

Tabela 6.5. Número e porcentagem média de eclosão ( $\pm$  erro padrão) de ninfas de *Tibraca limbaventrís* após a imersão de posturas com 24, 48, 72 e 96 horas de idade (HI) em diferentes concentrações do óleo essencial de folhas de *Piper tuberculatum*.

Parte vegetal/ Concentração	Idade dos ovos*				H <sup>2</sup>	p
	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas		
4.0 %	3.4 $\pm$ 0.6 bA (34%)	0.6 $\pm$ 0.3 dBC (6%)	2.6 $\pm$ 0.6 bAB (26%)	0.0 $\pm$ 0.0 cC (0%)	22.951	<0.0001
2.0 %	8.6 $\pm$ 0.6 aA (86%)	4.6 $\pm$ 0.6 bcdB (46%)	3.2 $\pm$ 0.8 bB (32%)	5.8 $\pm$ 1.0 abAB (58%)	17.045	0.001
1.0 % <sup>ns</sup>	7.6 $\pm$ 0.4 ab (76%)	7.8 $\pm$ 0.4 abc (78%)	6.6 $\pm$ 0.8 ab (66%)	5.4 $\pm$ 0.8 ab (54%)	6.397	0.094
0.5 %	7.4 $\pm$ 0.5 abA (74%)	2.8 $\pm$ 0.8 cdB (28%)	7.6 $\pm$ 0.8 aA (76%)	6.4 $\pm$ 0.7 abAB (64%)	14.234	0.003
0.25 %	9.0 $\pm$ 0.3 aA (90%)	9.1 $\pm$ 0.3 aA (91%)	8.8 $\pm$ 0.1 aA (88%)	2.8 $\pm$ 0.4 bcB (28%)	23.923	<0.0001
Tween <sup>ns</sup>	8.4 $\pm$ 0.6 a (84%)	7.9 $\pm$ 0.7 a (79%)	8.7 $\pm$ 0.4 a (87%)	7.7 $\pm$ 0.5 a (77%)	2.061	0.560
Água <sup>ns</sup>	8.2 $\pm$ 0.8 a (82%)	8.8 $\pm$ 0.4 a (88%)	9.2 $\pm$ 0.2 a (92%)	9.1 $\pm$ 0.4 a (91%)	0.358	0.949
H <sup>2</sup>	26.579	48.198	43.289	45.025	-	-
p-valor	0.000	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e de letras minúsculas nas colunas não diferem pelos testes

<sup>2</sup>Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ). \*avaliação realizada 240 horas após da imersão dos ovos (HAIO) nos óleos essenciais; NS: não significativo.

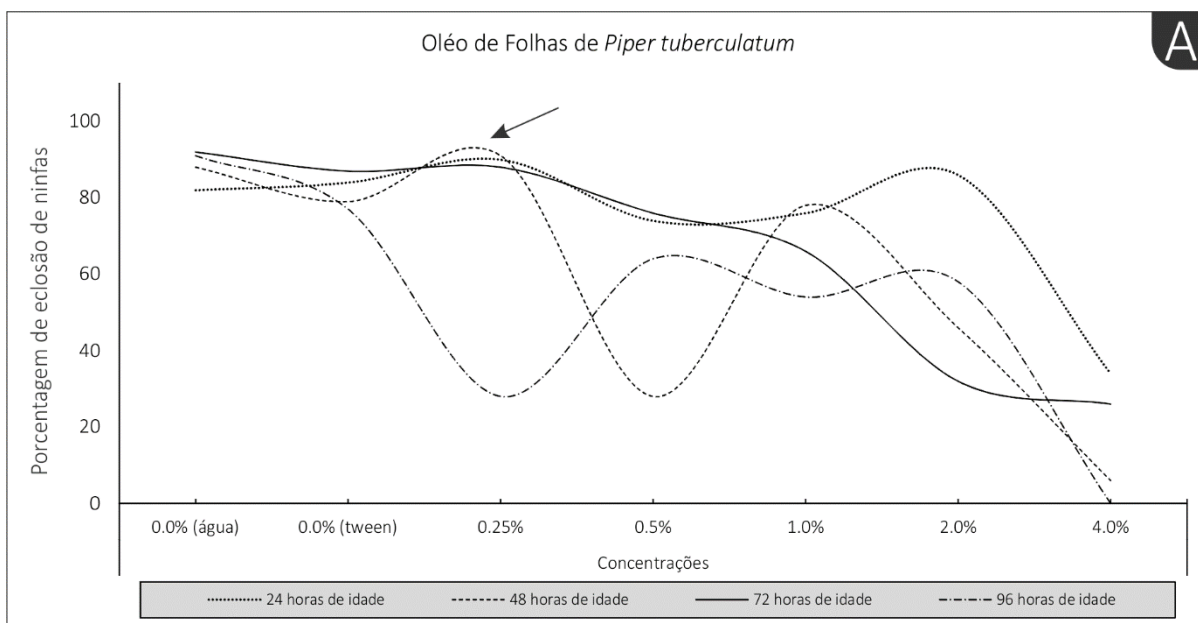


Figura 6.13. Porcentagem de eclosão de ninfas após imersão de ovos de *Tibraca limbativentris*, em óleo essencial de folhas de *Piper tuberculatum*. (A) Folhas, (B) Inflorescências. A seta indica onde ocorreu o efeito hormese.

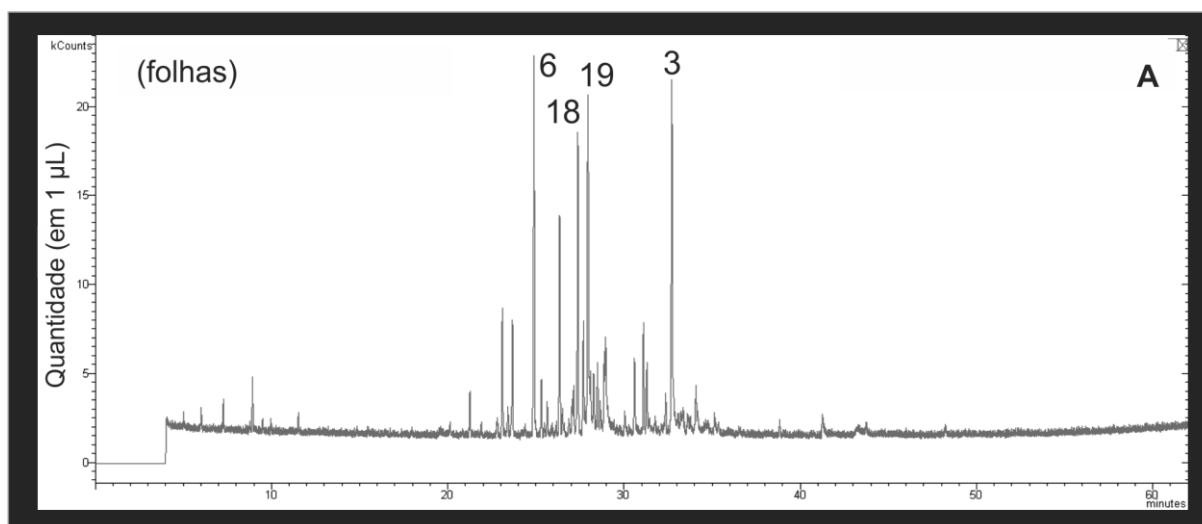


Figura 6.14. Principais constituintes químicos presentes em óleos essenciais de folhas (a) e inflorescências (b) de *Piper tuberculatum* coletados em Tangará da Serra, MT. 2012. 1) Miristicina; 3) Dilapiol; 6)  $\alpha$ -Guaiene; 18) 9-epi-E-Cariofilene e 19) trans-Muuro-la-4(14).5-Diene.

### Comparação entre os óleos essenciais obtidos das folhas

Os óleos das folhas de *P. marginatum* forneceram resultados consistentemente superiores aos demais tratamentos em ovos de todas as idades, enquanto que *P. gaudichaudianum* e *P. malacophyllum* apresentaram efeito sobre ovos de *T. limbativentris* apenas em posturas com até 72 HI. Os óleos das folhas de *P. tuberculatum* somente apresentaram atividade ovicida somente na maior concentração (4%) em posturas com 48 e 96 HI (Tabela 6.6).

Esse mesmo padrão foi observado para o óleo das folhas de *P. aduncum* para todas as idades de ovos. Embora sem significância estatística, ovos próximos à eclosão (96 HI) tenderam a ser mais suscetíveis aos óleos de folhas das espécies de *Piper* do que posturas em menor estágio de desenvolvimento embrionário (Tabela 6.6).

Nas posturas com 72 HI os óleos das folhas de *P. aduncum*, *P. malacophyllum* e *P. marginatum* apresentaram reduções significativas na eclosão de ninfas para a concentração de 0.25%. *Piper marginatum* se destacou apresentando atividade ovicida em todas as concentrações a partir de 0.5% e *P. aduncum* apresentou atividade ovicida apenas na concentração de 4% (Tabela 6.6).

Em posturas com 96 HI as espécies *P. gaudichaudianum* e *P. tuberculatum* na concentração de 0.25%, *P. gaudichaudianum* e *P. malacophyllum* na concentração de 0.5% e *P. aduncum* e *P. malacophyllum* na concentração de 1% apresentaram as menores eclosões de ninfas entre as espécies, no entanto sem efeito ovicida. Esta característica só foi observada na concentração de 2% para os óleos das folhas de *P. aduncum* e *P. gaudichaudianum*, e na concentração de 4% para todas as espécies, exceto *P. malacophyllum* (Tabela 6.6).

Tabela 6.6. Número e porcentagem média ( $\pm$  erro padrão) de ninfas de *Tibraca limbativentris* eclodidas após imersão em diferentes concentrações de óleos essenciais das folhas de cinco espécies de plantas da família Piperaceae.

Idade dos ovos*/ Espécies de <i>Piper</i>		Concentrações dos óleos de folhas				
		4.0%	2.0%	1.0%	0.5%	0.25%
24 horas	<i>Piper aduncum</i>	1.5 ± 0.7 ns <sup>1</sup> (15%)	7.8 ± 0.6 a (78%)	9.1 ± 0.2 a (91%)	6.7 ± 1.0 ns (67%)	8.0 ± 0.8 ns (80%)
	<i>Piper gaudichaudianum</i>	2.5 ± 0.4 ns (25%)	7.3 ± 0.7 a (73%)	8.4 ± 0.7 a (84%)	8.7 ± 0.7 ns (87%)	9.6 ± 0.3 ns (96%)
	<i>Piper malacophyllum</i>	3.5 ± 0.7 ns (35%)	4.9 ± 1.4 ab (49%)	7.3 ± 0.8 ab (73%)	8.5 ± 0.6 ns (85%)	8.4 ± 0.7 ns (84%)
	<i>Piper marginatum</i>	1.5 ± 0.5 ns (15%)	1.1 ± 0.4 b (11%)	4.8 ± 0.8 b (48%)	7.4 ± 0.9 ns (74%)	7.4 ± 1.1 ns (74%)
	<i>Piper tuberculatum</i>	3.4 ± 0.6 ns (34%)	8.6 ± 0.6 a (86%)	7.6 ± 0.4 ab (76%)	7.4 ± 0.5 ns (74%)	9.0 ± 0.3 ns (90%)
	H <sup>21</sup>	9.784	22.155	15.988	5.534	5.671
p-valor		0.044	0.000	0.005	0.237	0.225
48 horas	<i>Piper aduncum</i>	0.1 ± 0.1 c (1%)	5.1 ± 0.9 a (51%)	5.6 ± 0.9 b (56%)	5.6 ± 1.1 ab (56%)	7.4 ± 1.2 ns (74%)
	<i>Piper gaudichaudianum</i>	2.0 ± 0.3 ab (20%)	6.2 ± 0.5 a (62%)	7.4 ± 0.6 ab (74%)	7.9 ± 0.6 a (79%)	9.0 ± 0.3 ns (90%)
	<i>Piper malacophyllum</i>	6.1 ± 0.8 a (61%)	7.6 ± 0.9 a (76%)	8.6 ± 0.4 a (86%)	8.4 ± 0.4 a (84%)	7.9 ± 0.6 ns (79%)
	<i>Piper marginatum</i>	0.3 ± 0.1 c (2%)	0.3 ± 0.1 b (3%)	5.5 ± 0.9 b (55%)	6.2 ± 1.1 ab (62%)	7.7 ± 0.8 ns (77%)
	<i>Piper tuberculatum</i>	0.6 ± 0.3 bc (6%)	4.6 ± 0.6 ab (46%)	7.8 ± 0.4 ab (78%)	2.8 ± 0.8 b (28%)	9.1 ± 0.3 ns (91%)
	H <sup>2</sup>	38.100	26.468	11.810	15.249	3.234
p-valor		<0.0001	<0.0001	0.019	0.004	0.519
72 horas	<i>Piper aduncum</i>	0.3 ± 0.2 b (3%)	5.8 ± 0.5 ab (58%)	5.5 ± 0.9 a (55%)	4.5 ± 1.0 ab (45%)	5.9 ± 1.1 b (59%)
	<i>Piper gaudichaudianum</i>	5.8 ± 1.0 a (58%)	6.7 ± 0.9 ab (67%)	6.0 ± 0.9 a (60%)	7.0 ± 0.8 a (70%)	10.0 ± 0.0 a (100%)
	<i>Piper malacophyllum</i>	5.2 ± 0.8 a (52%)	7.3 ± 0.7 a (73%)	7.0 ± 0.8 a (70%)	7.5 ± 1.0 a (75%)	5.0 ± 0.8 b (50%)
	<i>Piper marginatum</i>	0.4 ± 0.3 b (4%)	1.0 ± 0.3 c (10%)	0.1 ± 0.1 b (1%)	0.2 ± 0.2 b (2%)	4.8 ± 1.4 b (48%)
	<i>Piper tuberculatum</i>	2.6 ± 0.6 ab (26%)	3.2 ± 0.8 bc (32%)	6.6 ± 0.8 a (66%)	7.6 ± 0.8 a (76%)	8.8 ± 0.1 ab (88%)
	H <sup>2</sup>	25.769	26.197	23.992	26.305	24.335
p-valor		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
96 horas	<i>Piper aduncum</i>	2.4 ± 0.8 ab (24%)	1.6 ± 0.8 b (16%)	3.7 ± 0.4 b (37%)	6.1 ± 0.3 ab (61%)	7.6 ± 0.5 a (76%)
	<i>Piper gaudichaudianum</i>	1.0 ± 0.5 b (10%)	2.5 ± 0.8 ab (25%)	5.3 ± 1.1 ab (53%)	2.9 ± 0.8 c (29%)	3.6 ± 0.6 b (36%)
	<i>Piper malacophyllum</i>	5.6 ± 0.9 a (56%)	3.8 ± 0.7 ab (38%)	4.4 ± 1.0 b (44%)	4.6 ± 0.8 bc (46%)	8.1 ± 0.4 a (81%)
	<i>Piper marginatum</i>	0.9 ± 0.3 b (9%)	3.7 ± 0.7 ab (37%)	8.3 ± 0.4 a (83%)	8.0 ± 0.6 a (80%)	8.7 ± 0.6 a (87%)
	<i>Piper tuberculatum</i>	0.0 ± 0.0 b (0%)	5.8 ± 1.0 a (58%)	5.4 ± 0.8 ab (54%)	6.4 ± 0.7 ab (64%)	2.8 ± 0.4 b (28%)
	H <sup>2</sup>	24.670	12.249	14.595	-	33.843
F <sup>3</sup>		-	-	-	7.483	-
p-valor		<0.0001	0.016	0.006	0.0001	<0.0001

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma minúsculas nas colunas não diferem pelos testes <sup>2</sup>Kruskal-Wallis ou <sup>3</sup>Tukey ( $p < 0.05$ ). \*avaliação realizada 240 horas após da imersão dos ovos (HAIO) nos óleos essenciais; NS: não significativo.

## Comparação entre os óleos essenciais obtidos das inflorescências

De um modo geral os óleos de inflorescências das espécies de *Piper* avaliadas produziram resultados menos expressivos do que o óleo das folhas (Tabelas 6.7).

Tabela 6.7. Número e porcentagem média ( $\pm$  erro padrão) de ninfas de *Tibraca limbativentris* eclodidas após imersão em diferentes concentrações de óleos essenciais das inflorescências de quatro espécies de plantas da família Piperaceae.

		Concentrações (óleos de inflorescências)				
Idade dos ovos/ Espécies		4.0%	2.0%	1.0%	0.5%	0.25%
24 horas	<i>Piper aduncum</i>	4.6 ± 0.9 ab (46%)	6.3 ± 1.3 a (63%)	6.9 ± 0.8 ns (69%)	8.1 ± 0.6 ns (81%)	9.5 ± 0.3 a (95%)
	<i>Piper gaudichaudianum</i>	7.9 ± 0.6 a (79%)	7.0 ± 0.7 a (70%)	4.7 ± 1.1 ns (47%)	6.0 ± 1.3 ns (60%)	6.9 ± 0.9 b (69%)
	<i>Piper malacophyllum</i>	2.6 ± 0.9bc (26%)	7.7 ± 0.5 a (77%)	7.3 ± 0.5 ns (73%)	8.1 ± 0.8 ns (81%)	7.5 ± 0.7 ab (75%)
	<i>Piper marginatum</i>	0.0 ± 0.0 c (0%)	1.7 ± 0.8 b (17%)	6.8 ± 0.5 ns (68%)	8.4 ± 0.9 ns (84%)	8.7 ± 0.8 ab (87%)
	H <sup>2</sup>	26.805	13.194	3.858	2.568	11.202
	p-valor	<0.0001	0.004	0.277	0.463	0.011
48 horas	<i>Piper aduncum</i>	8.7 ± 0.5 a (87%)	6.7 ± 0.9 a (87%)	6.5 ± 1.1 ns (65%)	8.0 ± 0.9 a (80%)	9.3 ± 0.3 a (93%)
	<i>Piper gaudichaudianum</i>	7.4 ± 0.8 a (74%)	6.8 ± 0.9 a (68%)	8.6 ± 0.6 ns (86%)	6.9 ± 1.1 ab (69%)	6.2 ± 0.8 b (62%)
	<i>Piper malacophyllum</i>	5.4 ± 0.8 ab (54%)	7.7 ± 0.5 a (77%)	5.0 ± 1.3 ns (50%)	4.7 ± 0.9 b (47%)	9.3 ± 0.3 a (93%)
	<i>Piper marginatum</i>	1.1 ± 0.5 b (11%)	2.8 ± 0.7 b (28%)	4.3 ± 1.0 ns (43%)	7.3 ± 0.7 ab (73%)	8.4 ± 0.4 ab (84%)
	H <sup>2</sup>	24.628	13.593	7.388	8.834	14.073
	p-valor	<0.0001	0.004	0.061	0.032	0.003
72 horas	<i>Piper aduncum</i>	1.1 ± 0.5 ab (11%)	6.5 ± 0.8 a (65%)	8.6 ± 0.5 a (86%)	5.3 ± 1.2 ns (53%)	7.5 ± 1.1 ns (75%)
	<i>Piper gaudichaudianum</i>	4.9 ± 0.9 a (49%)	5.9 ± 0.6 a (59%)	5.3 ± 0.8 b (53%)	6.6 ± 0.7 ns (66%)	8.7 ± 0.3 ns (87%)
	<i>Piper malacophyllum</i>	0.0 ± 0.0 b (0%)	0.3 ± 0.3 b (3%)	6.4 ± 1.2 ab (64%)	4.2 ± 1.4 ns (42%)	6.8 ± 1.3 ns (68%)
	<i>Piper marginatum</i>	0.6 ± 0.3 b (6%)	4.6 ± 1.2 a (46%)	7.5 ± 0.8 ab (75%)	6.0 ± 1.1 ns (60%)	6.2 ± 0.8 ns (62%)
	H <sup>2</sup>	17.903	19.232	8.298	1.550	4.316
	p-valor	0.000	0.000	0.040	0.671	0.229
96 horas	<i>Piper aduncum</i>	2.4 ± 1.0 ab (24%)	4.3 ± 1.0 ns (43%)	5.5 ± 1.4 ns (55%)	4.1 ± 1.0 ab (41%)	5.1 ± 0.8 b (51%)
	<i>Piper gaudichaudianum</i>	4.9 ± 0.9 a (49%)	5.9 ± 0.6 ns (59%)	5.3 ± 0.8 ns (53%)	6.6 ± 0.7 a (66%)	8.7 ± 0.3 b (87%)
	<i>Piper malacophyllum</i>	0.2 ± 0.1 b (2%)	5.0 ± 0.8 ns (50%)	4.6 ± 0.7 ns (46%)	1.8 ± 0.6 b (18%)	9.4 ± 0.2 a (94%)
	<i>Piper marginatum</i>	2.1 ± 0.7 ab (21%)	7.0 ± 0.5 ns (70%)	6.2 ± 0.9 ns (62%)	6.3 ± 1.0 a (63%)	8.3 ± 0.7 a (83%)
	H <sup>2</sup>	8.704	4.260	1.272	11.543	22.306
	p-valor	0.034	0.235	0.736	0.009	<0.0001

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma minúsculas nas colunas não diferem pelos testes <sup>2</sup>Kruskal-Wallis ou <sup>3</sup>Tukey ( $p < 0.05$ ). \*avaliação realizada 240 horas após da imersão dos ovos (HAIO) nos óleos essenciais; NS: não significativo.

Contudo, *P. marginatum* na maior concentração sobressaiu em relação aos demais tratamentos, tal como observado para o óleo das folhas dessa espécie. Ao contrário do observado com o óleo das folhas, inflorescências de *P. malacophyllum* causaram entre 74 e 100% de inibição da eclosão, exceto em ovos de 48 HI onde registrou-se mais de 50% de eclosão de ninfas.

Óleos de inflorescências de *P. gaudichaudianum* apresentaram os menores valores de eclosão de ninfas entre os óleos para a menor concentração (0.25%) em ovos de 24, 48 e 96 HI, e na concentração de 1% em posturas com 72 HI. O óleo das inflorescências de *P. aduncum* apresentou menor eclosão de ninfas apenas em posturas com 96 HI para na menor concentração. Nas outras concentrações e idades dos ovos, essas espécies não apresentaram diferenças significativas entre os demais óleos de inflorescências (Tabela 6.7).

### **Concentrações letais e regressões lineares**

Os valores das concentrações letais (CL<sub>50</sub>) quase sempre demonstraram uma relação inversa concentração/tempo, pois os óleos aplicados sobre ovos mais velhos apresentaram CL<sub>50</sub> menores. Comparando as CL<sub>50</sub> dos óleos de folhas entre as espécies de *Piper*, observa-se que a menor concentração foi observada em posturas com até 72 HI para o óleo de *P. marginatum*, sendo a menor CL<sub>50</sub> entre os óleos de todas as espécies testadas, sendo de cinco a 15 vezes mais eficiente do que os demais óleos obtidos das folhas, para posturas com 72 HI (Tabela 6.8).

Além disso, o óleo de folhas de *P. aduncum* foi mais eficiente em posturas com mais de 48 horas de desenvolvimento, sempre com CL<sub>50</sub> inferiores a 1.5%. Padrão similar foi observado para as CL<sub>50</sub> do óleo das folhas de *P. tuberculatum*, para posturas com 48 e 96 HI. As CL<sub>50</sub> dos demais óleos foram quase sempre superiores a 2.0%, com exceção do óleo de *P. gaudichaudianum* aplicado sobre ovos de 96 HI, que apresentou a segunda menor CL<sub>50</sub> (0,594%) entre todos os óleos essenciais testados, sendo cinco vezes mais eficiente que os outros óleos de folhas aplicados em ovos desta idade (Tabela 6.8).

Comparando as CL<sub>50</sub> dos óleos essenciais das inflorescências, novamente *P. marginatum* apresentou as menores CL<sub>50</sub> em posturas menos desenvolvidas (com menos de 72 HI), sempre com CL<sub>50</sub> inferiores a 1.6%, sendo até 20 vezes menor do que as CL<sub>50</sub> dos outros óleos obtidos das inflorescências. Já os óleos das

inflorescências de *P. aduncum* e *P. malacophyllum* apresentaram CL<sub>50</sub> menores em posturas mais desenvolvidas (com 72 e 96 HI) (Tabela 6.8).

Os valores de CL<sub>50</sub> observados demonstram que, tanto posturas mais novas, quanto posturas mais velhas de *T. limbativentris*, foram suscetíveis aos diferentes óleos testados, com destaque para os óleos de folhas e inflorescências de *P. marginatum* sobre ovos mais jovens, e dos óleos de folhas de *P. aduncum*, *P. gaudichaudianum* e *P. tuberculatum* sobre posturas mais desenvolvidas (Tabela 6.8).

A análise de regressão linear confirma esse padrão, pois demonstram uma relação direta entre cada concentração letal desses óleos com a inviabilidade dos ovos de diferentes idades, ou seja, a atividade ovicida é observada já nas concentrações iniciais, como verificado para os óleos de *P. gaudichaudianum* e *P. marginatum*, que apresentaram maior toxicidade (Figuras 6.16 e 6.18).

Além disso, ressalta-se que entre os diferentes óleos, para posturas de mesma idade, algumas concentrações letais se sobrepueram (considerando os intervalos de confiança), indicando que mesmo com compostos químicos majoritários distintos e em quantidades diferentes em cada óleo, várias espécies de Piperaceae podem ser utilizadas visando a atividade sobre ovos de *T. limbativentris* (Tabela 6.8).

Todas as retas da regressão linear encontraram-se bem ajustadas ao modelo matemático, mostrando que os dados obtidos em relação aos esperados estão muito próximos, ou seja, os pontos estão bem ajustados a uma linha de regressão (nível de confiança de 95%) o que pode ser verificado nos pequenos intervalos de confiança das concentrações letais observadas (Tabela 6.8, Figura 6.15). Portanto, os resultados mostram a eficácia como ovicida dos óleos essenciais das espécies de Piperaceae testadas.



Tabela 6.8. Concentrações letais dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper* spp. para inviabilizar 50% (CL<sub>50</sub>) dos ovos de *Tibraca limbativentris* com diferentes idades.

Parte vegetal / Espécie / Concentrações Letais		Idade dos ovos*				
		24 horas	48 horas	72 horas	96 horas	
Folhas	<i>P. aduncum</i>	CL <sub>50</sub>	2.499	1.506	1.402	1.381
		IC <sup>1</sup>	2.421 - 2.577	1.401 - 1.610	1.324 -1.480	1.315 -1.446
	<i>P. gaudichaudianum</i>	CL <sub>50</sub>	2.815	2.383	4.243	0.594
		IC	2.659 - 2.971	2.302 - 2.464	4.086 - 4.401	0.466 - 0.723
	<i>P. malacophyllum</i>	CL <sub>50</sub>	2.628	6.073	4.917	2.744
		IC	2.554 - 2.702	5.819 - 6.327	4.483 - 5.001	2.726 - 2.762
	<i>P. marginatum</i>	CL <sub>50</sub>	1.357	1.220	0.316	1.968
		IC	1.252 - 1.462	0.923 - 1.516	0.280 - 0.913	1.904 - 2.032
	<i>P. tuberculatum</i>	CL <sub>50</sub>	3.388	1.576	2.086	1.221
		IC	2.554 - 2.702	3.248 -3.528	1.508 - 1.644	2.047 - 2.125
Inflorescências	<i>P. aduncum</i>	CL <sub>50</sub>	3.408	34.191	2.089	1.374
		IC	3.280 - 3.536	33.861 - 34.520	2.052 - 2.126	1.346 - 1.402
	<i>P. gaudichaudianum</i>	CL <sub>50</sub>	6.742	30.650	3.214	2.418
		IC	6.642 - 6.842	30.464 - 30.835	3.142 - 3.286	2.407 - 2.428
	<i>P. malacophyllum</i>	CL <sub>50</sub>	2.767	4.586	1.082	1.306
		IC	2.685 - 2.849	4.508 - 4.664	0.696 - 1.469	1.179 - 1.433
	<i>P. marginatum</i>	CL <sub>50</sub>	1.528	1.547	1.656	2.303
		IC	1.279 - 1.777	1.449 - 1.646	1.592 - 1.721	2.257 - 2.350

<sup>1</sup>IC: Intervalo de Confiança; \*avaliação 240 horas após a imersão dos ovos (HAIO) nos óleos essenciais.

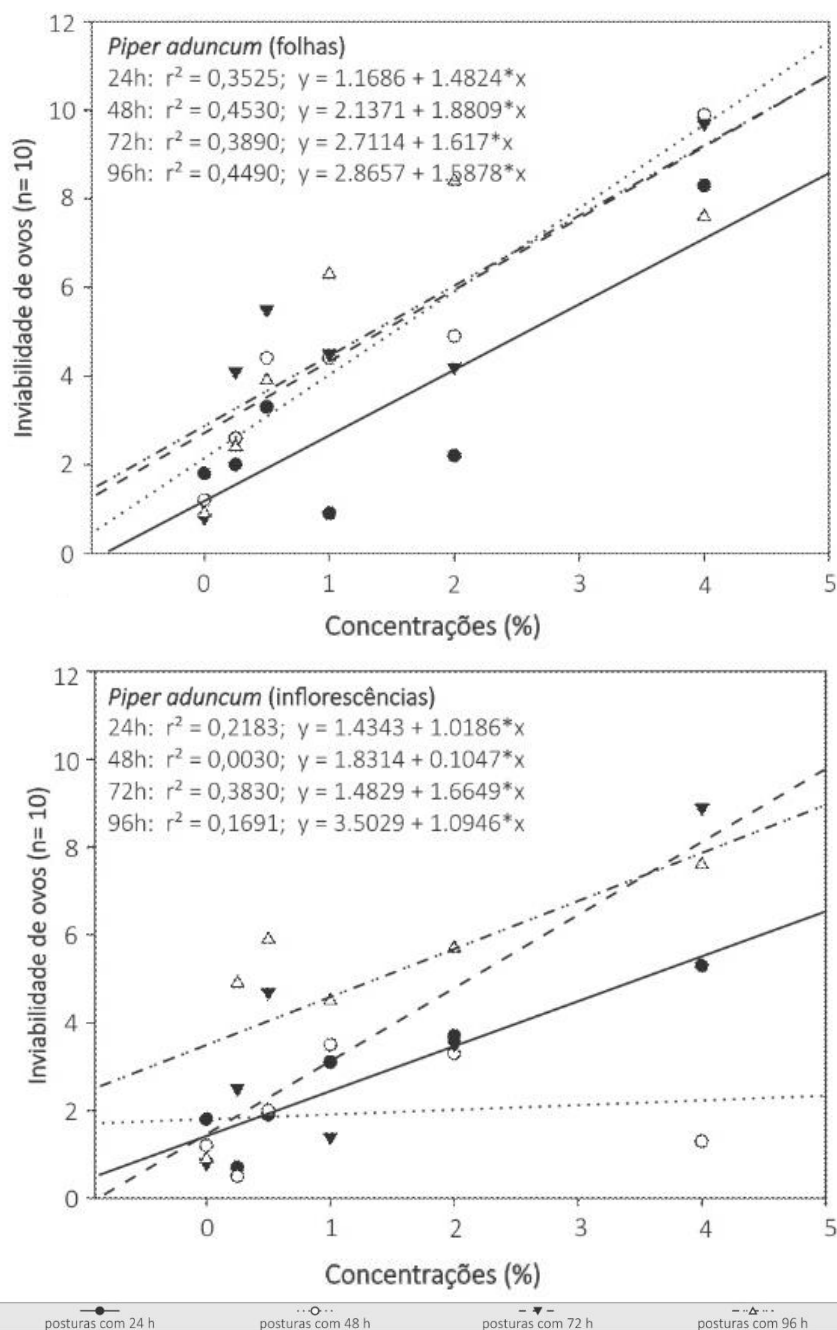


Figura 6.15. Regressões lineares do efeito dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper aduncum* sobre posturas de *Tibraca limbativentris* com diferentes idades (24, 48, 72 e 96 horas de idade).

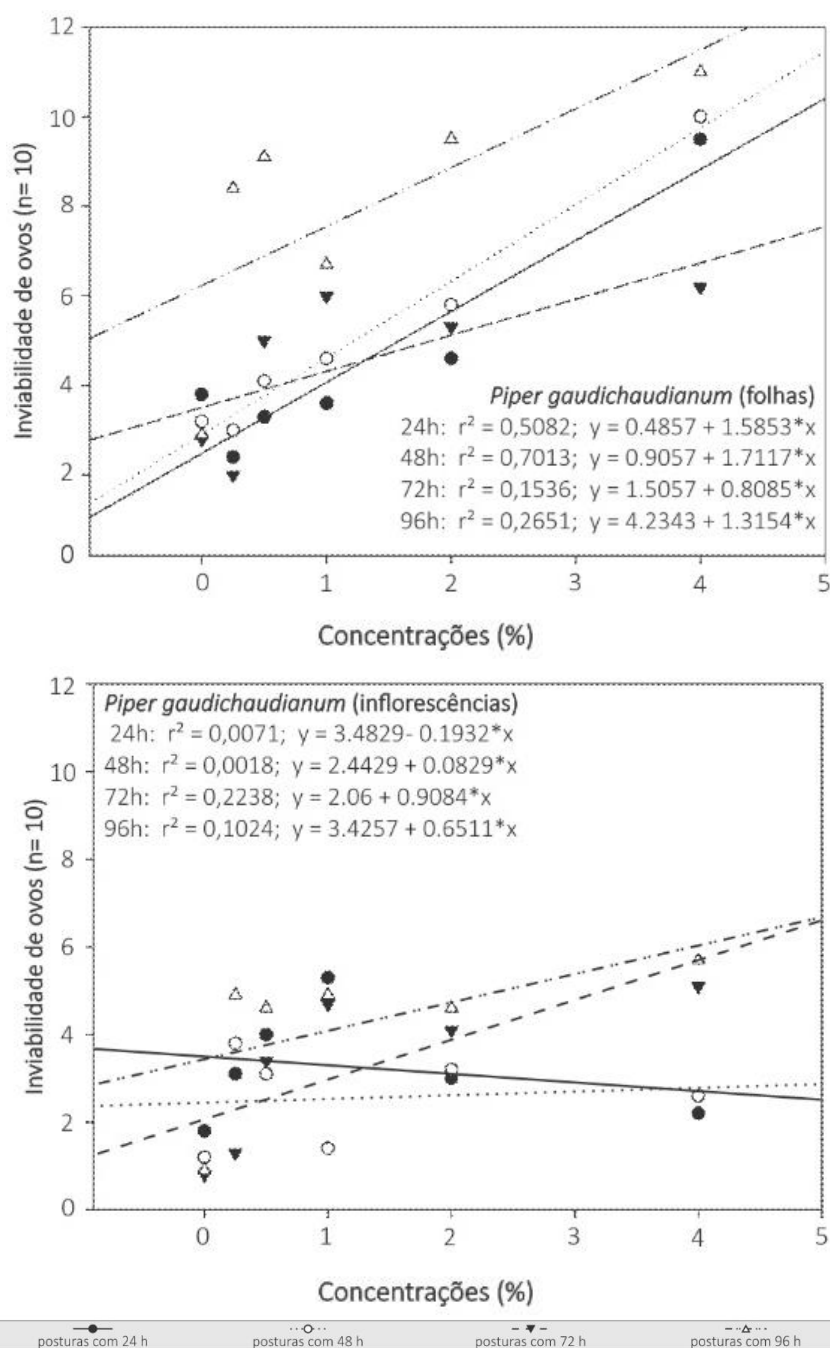


Figura 6.16. Regressões lineares do efeito dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper gaudichaudianum* sobre posturas de *Tibraca limbativentris* com diferentes idades (24, 48, 72 e 96 horas de idade).

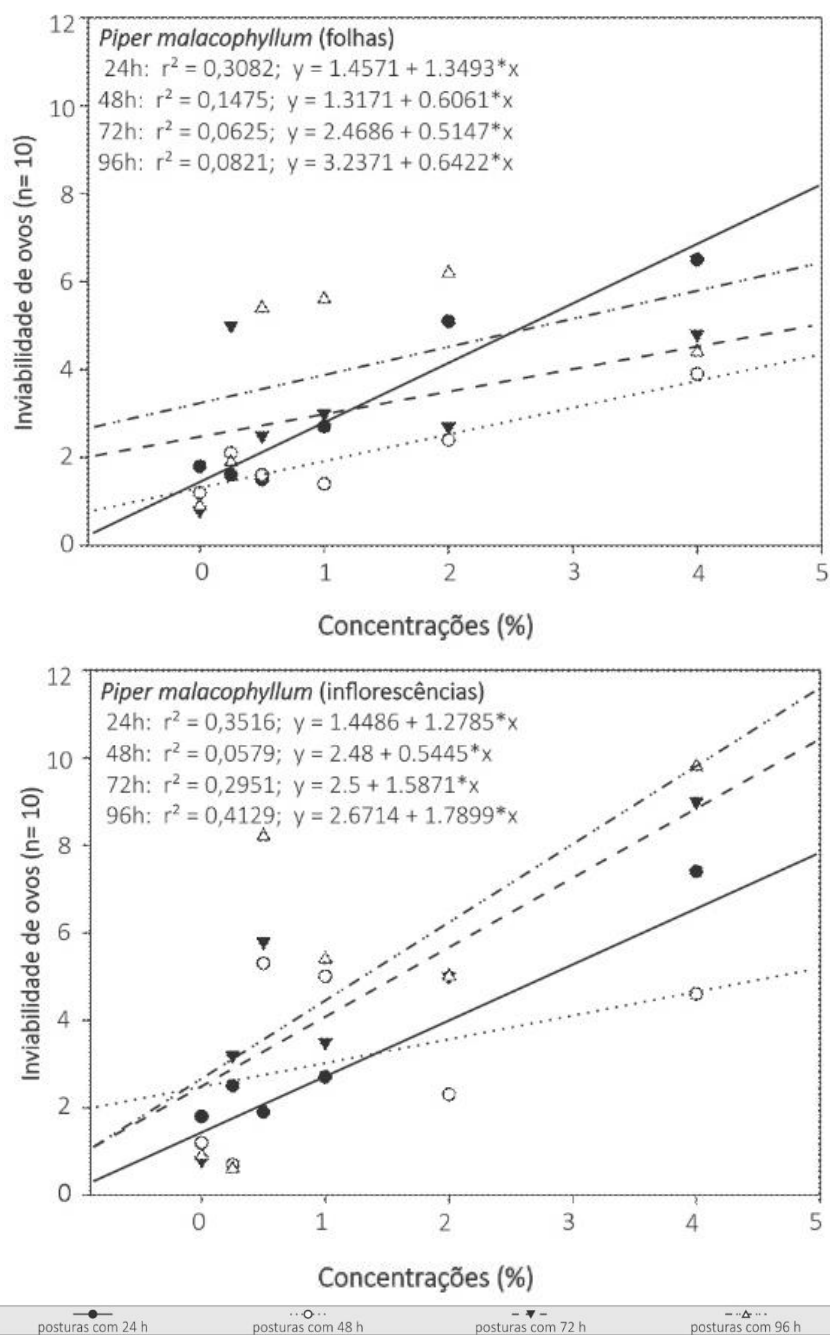


Figura 6.17. Regressões lineares do efeito dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper malacophyllum* sobre posturas de *Tibraca limbativentris* com diferentes idades (24, 48, 72 e 96 horas de idade).

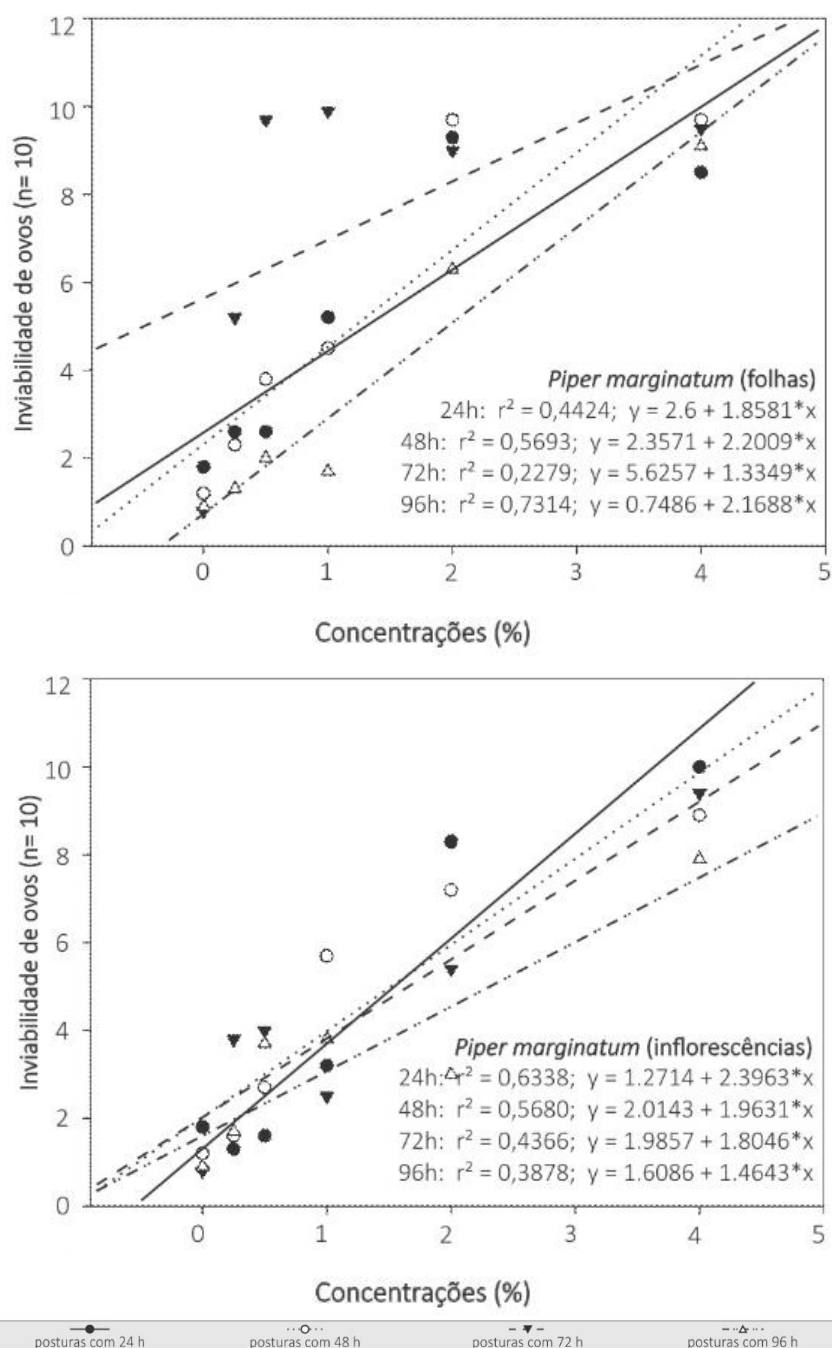


Figura 6.18. Regressões lineares do efeito dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper marginatum* sobre posturas de *Tibraca limbativentris* com diferentes idades (24, 48, 72 e 96 horas de idade).

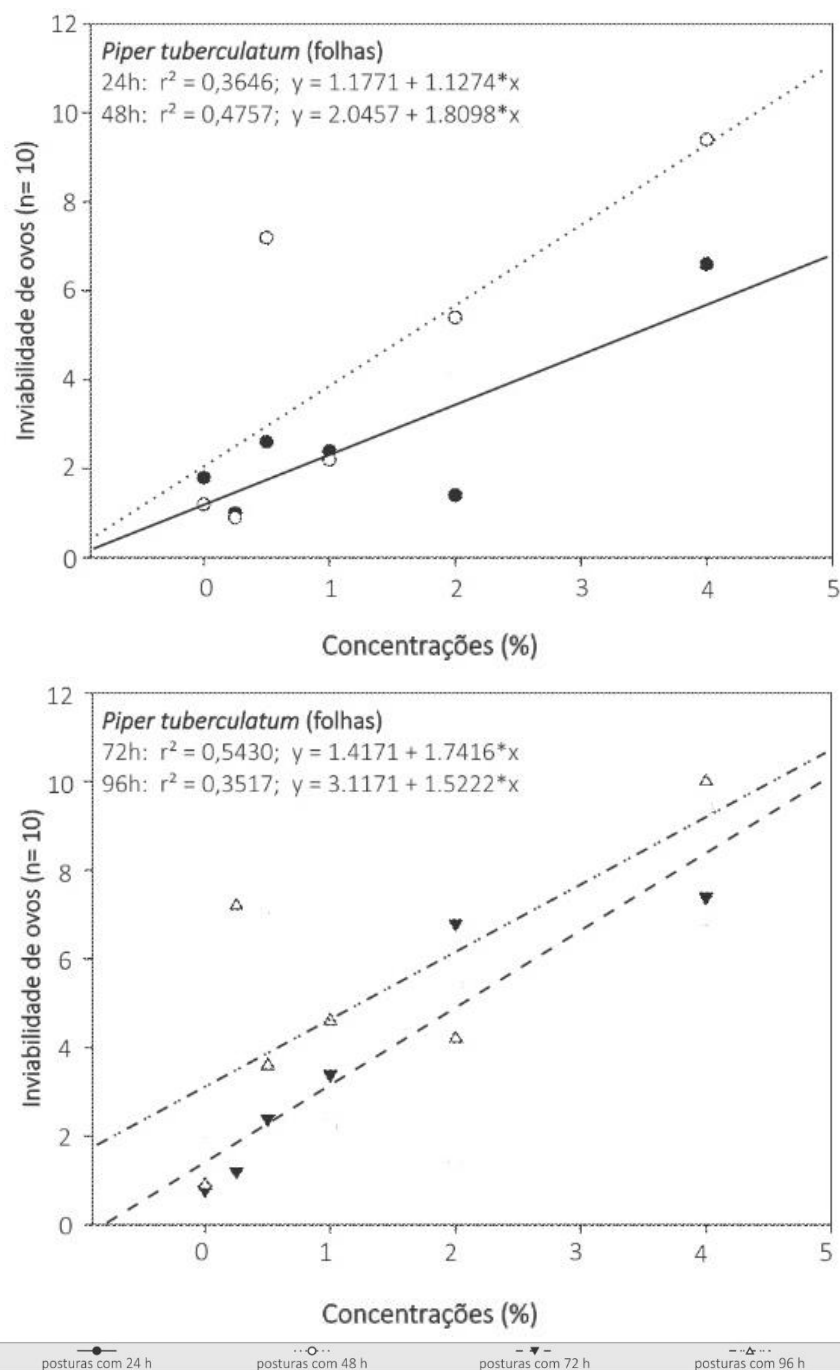


Figura 6.19. Regressões lineares do efeito dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper tuberculatum* sobre posturas de *Tibraca limbativentris* com diferentes idades (24, 48, 72 e 96 horas de idade).

## Discussão

A susceptibilidade dos insetos em relação aos tratamentos químicos geralmente está relacionada com as fases de vida destes organismos, e a busca pela fase mais suscetível para se controlar uma espécie considerada praga é um problema constante, pois o reconhecimento da fase mais vulnerável pode estar relacionado com vários fatores. Nos insetos, a fase de ovo seja provavelmente a menos estudada em termos da sua susceptibilidade ao controle químico, e os poucos trabalhos que verificaram a vulnerabilidade dos ovos, foram muitas vezes relatados por acaso, decorrente da aplicação de inseticidas em outras fases de desenvolvimento dos insetos (21).

Tanto ninfas quanto adultos de *T. limbativentris*, geralmente vivem escondidos entre os colmos das plantas de arroz. Esta característica dificulta o contato do inseticida com o inseto e conseqüentemente o controle dos ovos se torna uma das formas mais eficazes para controlar esta praga, antes mesmo dela começar a se alimentar da planta. Além disso, as posturas quase sempre são depositadas nas folhas de arroz, ficando assim expostas por mais tempo, pois a fase de ovo de *T. limbativentris* tem duração média de 7 dias (1, 22). Por isso, avaliamos o efeito dos óleos essenciais de várias espécies de plantas da família Piperaceae sobre ovos do percevejo do colmo.

Para se considerar um produto como ovicida, este deve inibir no mínimo 75% da eclosão dos imaturos (23). Os óleos das diversas espécies de plantas da família Piperaceae estudadas foram capazes de interromper o desenvolvimento do embrião de *T. limbativentris* ainda no interior dos ovos apresentando atividade ovicida em pelo menos uma das duas partes vegetais avaliadas. Informações sobre a ação ovicida de óleos essenciais vegetais (ou de qualquer outro tipo de inseticida, inclusive os químicos convencionais) visando o controle de percevejos pragas da família Pentatomidae são escassos na literatura. Talvez, isto deve-se ao fato dos testes com inseticidas serem realizados principalmente para controlar adultos ou estágios imaturos dos principais insetos-pragas, pois são as fases que podem efetivamente causar algum dano real na produção final, e por isso, a ação ovicida é uma característica secundária destes produtos.

Entre os poucos trabalhos que relataram o efeito ovicida sobre ovos de Pentatomidae, dois avaliaram óleos essenciais e alguns testaram inseticidas químicos

ou inseticidas considerados bioracionais (24). O primeiro trabalho avaliou a atividade de óleos essenciais do neem indiano, *Azadirachta indica* A. Juss., 1830 (Meliaceae) sobre ovos do percevejo do arroz, *Scotinophara coarctata* (Fabricius, 1798) (Pentatomidae) (25). Nesse trabalho, os autores determinaram a eficácia de cinco inseticidas e 21 produtos vegetais e verificaram que o acefato e imidacloprid foram os inseticidas mais eficazes (causando 100% e 95.83% de inviabilidade dos ovos respectivamente), seguida por clorpirifós, profenofós e monocrotofós (causando 91.67, 89.62 e 87.52% de inviabilidade, respectivamente). Entre os produtos vegetais, tanto o óleo quanto o extrato de sementes de *neem* causaram 56.25% de inviabilidade de ovos. Em outro estudo, foi avaliada a atividade de óleos essenciais de tomilho e orégano sobre ovos do percevejo verde, *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) (Pentatomidae), sendo o óleo de tomilho mais eficaz (26).

A ação ovicida de lufenurom para *Podisus nigrispinus* (Dallas 1851) (Pentatomidae) foi avaliada sobre os ovos do predador, cuja viabilidade foi reduzida a partir da concentração de 100 mg/L (27). Estudos com inseticidas bioracionais testaram o efeito ovicida de novaluron e imidacloprid sobre posturas do percevejo predador, *Podisus maculiventris* (Say, 1832) (Pentatomidae), no entanto, estes produtos não evitaram a eclosão das ninfas (28). Aplicações de esfenvalarate, oxamil, endosulfan, *Bacillus thuringiensis* ou criolita sobre ovos de *Perillus bioculatus* (Fabricius, 1775) (Pentatomidae) não apresentaram efeito na eclosão de ninfas (29). Os pentatomídeos dos gêneros *Podisus* e *Perillus* são predadores que ajudam a controlar os insetos que causam danos em diversas culturas, e estes estudos visavam verificar a seletividade destes compostos sobre as posturas destes percevejos.

Outros trabalhos avaliaram o efeito ovicida de outras famílias de plantas sobre ovos de percevejos da família Reduviidae, que são vetores da doença de Chagas. A inibição total da eclosão das ninfas de *Triatoma infestans* Klug 1834 (Reduviidae), foi observada após a aplicação dos óleos essenciais de outras famílias de plantas, como Apiaceae (*Eryngium* sp. L., *Foeniculum vulgare* P. Mill.), Asteraceae (*Tagetes pusilla* Kunth, *Tagetes minuta* L.) e Lamiaceae (*Mentha arvensis* L., *Minthostachys andina* Brett., *Minthostachys mollis* Griseb) (16). Além da utilização de óleos essenciais, alguns estudos relatam a atividade ovicida de extratos vegetais e de algas. A utilização do extrato clorofórmico da alga *Padina pavonica* (L.) (Phaeophyceae) sobre ovos de *Dysdercus cingulatus* (Fabricius, 1775) (Hemiptera: Pyrrhocoridae) mostrou que o embrião só se desenvolve até o terceiro dia, e que o extrato interfere na embriogênese



deste percevejo (30). E o extrato etanólico de sementes de *Annona coriacea* Mart. (Annonaceae) causou a inibição da eclosão das ninfas do triatomíneo, *Rhodnius neglectus* (Lent, 1954) (Reduviidae) em até 90%, por meio de ação tópica (15). Estes autores relatam que o método de aplicação tópica direta sobre os ovos foi mais eficiente para a inibição da eclosão das ninfas do que o método por contato dos ovos sobre a superfície do substrato tratado com o extrato, corroborando com os resultados relatados por outros autores, que avaliaram a atividade ovicida de diferentes piretróides sobre posturas de *Panstrongylus megistus* Burmeister, 1835 (Reduviidae) e *Triatoma sordida* Stål 1859 (Reduviidae) (31). A comparação entre extrato de Annonaceae e diferentes piretróides demonstra o potencial da família Annonaceae como um biopesticida eficaz.

Embora os estudos que avaliam a atividade ovicida de plantas sejam escassos, alguns autores relataram a ineficiência de algumas plantas como ovicida, como estudos com extratos de *Annona muricata* L. (Annonaceae), *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae) e *Melia azedarach* L. 1753 (Meliaceae) que não apresentaram ação ovicida sobre ovos de *Rhodnius prolixus* Stål, 1859 e *Rhodnius pallescens* Barber, 1932 (Reduviidae) (32). Este padrão também foi observado quando se utilizou o extrato de *M. azedarach* sobre ovos de *T. infestans*, não mostrando resultados efetivos para inibição da eclosão de ninfas (33).

Os resultados verificados pelos autores supracitados podem estar relacionados com a idade de ovos utilizados durante a realização dos experimentos (embora não sejam citados a idade dos ovos utilizados por eles), pois em nosso trabalho observamos que ovos mais velhos de *T. limbativentris* foram mais afetados pelos óleos essenciais do que ovos mais novos. Isso nos leva a três hipóteses que podem estar ocasionando a maior mortalidade embrionária em ovos mais velhos. Primeiro, que os óleos essenciais conseguem atravessar mais facilmente o córion dos ovos mais desenvolvidos do percevejo do colmo, coincidindo com o período da formação da cutícula do embrião e afetar ou impedir a formação da mesma, como relatado por alguns pesquisadores, como um dos efeitos das benzoilfeniluréias sobre os embriões (34). Além disso, ovos mais velhos podem conter menor quantidade de cera sobre os mesmos, e por isso, permitir mais facilmente, a entrada de maior quantidade de óleo essencial dentro do ovo através da micrópila presente no córion (21, 35, 36). Consequentemente, maior quantidade das substâncias potencialmente tóxicas para o embrião conseguem penetrar no ovo. As micrópilas já foram apontadas

como sendo o principal ponto de penetração de produtos químicos em ovos de percevejos reduvídeos, *Rhodnius prolixus* Stål, 1859 (Reduviidae) (37, 38).

Segundo, se considerarmos que a difusão do oxigênio através do córion tem um importante papel na respiração do embrião, como relatado por alguns pesquisadores (39), podemos inferir que os embriões presentes em ovos mais novos requerem menor quantidade de oxigênio nesta fase ou são menos afetados pela desoxigenação após a aplicação dos óleos essenciais, que devido à sua característica volátil seriam degradados rapidamente no ambiente. Enquanto que, embriões mais desenvolvidos precisariam de maior quantidade de oxigênio e por isso poderiam ser mais afetados pela desoxigenação devido à obstrução das micrópilas causada pela aplicação dos óleos. Esta característica já foi relatada após a aplicação de óleos de petróleo, que interferiu nas trocas gasosas entre o córion e o embrião do percevejo *Oncopeltus fasciatus* (Dallas, 1852) (Lygeidae) sendo letal para os embriões quando as pseudo-micrópilas foram cobertas com este óleo (40).

E terceiro, que devido à alta volatilidade dos óleos essenciais, quando a aplicação ocorreu em ovos mais novos de *T. limbativentris*, possivelmente os compostos voláteis se perderam rapidamente no ambiente e os embriões que ainda estavam nas fases iniciais de desenvolvimento conseguiram se desintoxicar durante o período embrionário, enquanto que quando os óleos foram aplicados em posturas mais velhas, os embriões, embora já estivessem mais desenvolvidos, não conseguiram se desintoxicar, ou ainda ficaram mais fracos e não conseguiram romper o córion e acabaram morrendo dentro dos ovos. Além disso, os óleos podem ter deixado o córion mais rígido, o que também pode ter dificultado a eclosão das ninfas.

A atividade ovicida observada em nosso estudo pode estar relacionada com a potencial toxicidade dos principais compostos químicos encontrados em cada espécie e parte vegetal. No óleo de *P. aduncum* os compostos majoritários foram o dilapiol e a miristicina com 53.6% e 24.3% nas folhas e 87% e 5.6% nas inflorescências respectivamente. A maior inibição de eclosão de ninfas após a aplicação do óleo das folhas, pode ser devido a um efeito sinérgico do dilapiol com o composto miristicina presentes no óleo das folhas de *P. aduncum*, principalmente pelo fato do óleo das inflorescências apresentar maior quantidade de dilapiol e menor de miristicina. Se apenas o dilapiol estivesse agindo como inseticida, essa alta porcentagem verificada nas inflorescências poderia causar maior porcentagem de ovos inviáveis do que o óleo das folhas, no entanto, isso não foi observado, o que

reforça a atuação sinérgica do dilapiol com a miristicina encontrados nas folhas de *P. aduncum*. (Tabela 6.3).

A miristicina já foi encontrada em outras espécies de Piperaceae, como *Piper sarmentosum* Roxb., apresentando atividade anti-térmita contra *Coptotermes* sp. (Isoptera, Rhinotermitidae) (41). A utilização da miristicina isolada de inflorescências de *Piper mullesua* (Buch.-Ham. ex D. Don) sobre lagartas de quarto instar de *Spilarctia obliqua* (Walker, 1855) (Lepidoptera, Arctiidae) causou a morte das larvas após 24 horas pelo método de aplicação tópica (42). Esse mesmo padrão na quantidade de dilapiol e miristicina encontrado para *P. aduncum* em nosso trabalho, foi encontrado para outras espécies de Piperaceae, como *Piper guineense* Schumach., *Piper permucronatum* Yunck e *Piper hostmanianum* (Miq.) C. Dc., mostrando que várias outras espécies podem ser utilizadas como fonte para obtenção destes compostos fitoinseticidas (43, 44).

Nos óleos de *Piper malacophyllum*, os compostos majoritários das inflorescências foram o  $\beta$ -cubebene (38.7%) e  $\alpha$ -guaiene (24.4%) e os principais compostos encontrados no óleo das folhas foram diferentes, com destaque para o  $\alpha$ -bulnesene (20.7%), trans- $\beta$ -guaiene (15.8%) e  $\alpha$ -guaiene (9.6%). As principais substâncias são diferentes da encontrada em *P. aduncum*, mas mesmo assim apresentaram atividade inseticida. Além disso, alguns trabalhos têm demonstrado a atividade inseticida destes mesmos compostos, porém obtidos de outras famílias de plantas, como observado com o óleo das raízes de *Valeriana jatamansi* Jones (Valerianaceae) contra o inseto-praga de alimentos armazenados, *Liposcelis bostrychophila* Badonnel (Psocoptera, Liposcelidae) que encontraram entre os principais compostos o  $\alpha$ -bulnesene (13.8%) e o  $\alpha$ -guaiene (8.7%) (45). Da mesma forma, o óleo vegetal de folhas de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth., (Lamiaceae) utilizado contra três espécies de formigas urbanas, *Camponotus melanoticus* Emery, 1925 (Formicidae), *Camponotus novograndensis* Mayr, 1870 (Formicidae) e *Dorymyrmex thoracicus* Santschi, 1920 (Formicidae) relataram a atividade inseticida e de repelência a  $\alpha$ -bulnesene (13.95%) e  $\alpha$ -guaiene (11.96%) (46). Além disso, a atividade larvicida de  $\beta$ -cubebene (22.9%) obtido de *Salvia splendens* Sellow ex Roem. et Schult. (Lamiaceae) foi verificada sobre larvas de *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) (Culicidae) (47), corroborando com os resultados encontrados em nosso trabalho para o óleo das inflorescências de *P. malacophyllum*.

As diferenças de eclosão de ninfas observadas entre os tratamentos com óleo de folhas e inflorescências de *P. marginatum*, possivelmente estão relacionados com os principais compostos químicos presentes nas diferentes partes vegetais, como o prezizane, E-isolemicin e spathulenol encontrados nas folhas, e o longifolene, prezizane, trans-muurola-4(14),5-diene, spathulenol e allocedrol presentes nas inflorescências (Figuras 5 e 6). Possivelmente, o spathulenol seja o principal composto inseticida de *P. marginatum*, pois outros trabalhos já verificaram a bioatividade de outras plantas que também continham estas substâncias entre os principais constituintes, como o efeito anti-térmita sobre *Coptotermes* sp. após a aplicação de óleo essencial das folhas de *P. sarmentosum* (41). A atividade larvicida em lagartas de *A. albopictus* também foi relatada como consequência da quantidade de spathulenol (38.73%) presente no óleo de *Salvia elegans* (47). Isso demonstra que este composto tem grande potencial para utilização como fitoinseticida, principalmente se considerarmos que o spathulenol já foi encontrado em várias espécies de Piperaceae, como em *Piper submarginatum* (48), *Piper obliquum* Ruiz & Pavon (49), *Piper carniconnectivum* C. Dc. (50), *Piper carpunya* Ruiz & Pav. (51), *Piper chaba* Trel. & Yunck. (52), *Piper regnellii* (Miq.) C. Dc. (53) e *Piper cyrtopodon* (Miq.) C. Dc. (54).

Os resultados encontrados nos tratamentos com óleo de folhas e inflorescências de *P. gaudichaudianum*, possivelmente estão relacionados com a grande quantidade de sabinene e  $\delta$ -2-carene presentes nas inflorescências, e dos compostos longipinanol, globulol, 5-epi-7-epi- $\alpha$ -eudesmol e  $\alpha$ -guaiene encontrados nas folhas. Essas informações corroboram com os dados de outros estudos, que encontraram sabinene em outras espécies de piperáceas (*Piper capense*, *Piper nigrum* e *P. guineense*), e verificaram a atividade inseticida destas contra *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae) (55). A presença de sabinene também foi verificada em *P. betle* L. e apresentou atividade inseticida contra *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (Diptera, Muscidae) (56). As espécies *Piper officinarum* (Miq.) C. Dc., *Piper porphyrophyllum* N.E. Br. e *P. nigrum* L., também possuem sabinene entre os compostos principais, sendo potenciais fontes desta substância (57, 58, 59). Além disso, o sabinene foi encontrado em outras famílias de plantas em grande quantidade (25.71%), como em óleo de *Zanthoxylum monophyllum* (Lam.) P. Wilson (Rutaceae) apresentando atividade inseticida fumigante contra *Sitophilus oryzae* (Linné, 1763) (Coleoptera, Curculionidae) (60). Os outros compostos encontrados em *P. gaudichaudianum* também foram relatados em outras espécies de Piperaceae,

demonstrando o potencial desta família como fonte destes compostos. O composto  $\delta$ -2-carene, mesmo que em pequena quantidade, foi encontrado em *Piper amalago* L. e *Peperomia obtusifolia* (L.) A. Dietr., (61) e o longipinanol em *P. aduncum* (62). Análogos ao 5-epi-7-epi- $\alpha$ -eudesmol foram encontrados em *Piper lhotzkyanum* Kunth., (63), *Piper arboreum* Yunck (63), *Piper cernuum* Vell., (48, 65) e *Piper hoffmanseggianum* Roem. & Schult. (64, 66, 67). O composto  $\alpha$ -guaiene também foi encontrado em *Piper hispidum* Kunth. (67) e o globulol em *Piper fulvescens* C. Dc., e *Piper manausense* Yunck. (69, 70). O óleo de folhas de *P. tuberculatum*, apresentou grande quantidade de miristicina e  $\alpha$ -guaiene, e como visto anteriormente, estes compostos também foram encontrados nos óleos de *P. aduncum* e *P. malacophyllum* respectivamente.

Outra característica interessante, observada nos resultados de algumas espécies e partes vegetais dos óleos essenciais das piperáceas testadas sobre os ovos de *T. limbativentris* foi que a menor concentração dos óleos (0.25%) permitindo maior eclosão de ninfas do que as testemunhas com água e tween, embora sem diferenças significativas. Este fenômeno pode ser explicado pelo efeito hormese, onde os inseticidas, principalmente aqueles considerados seletivos, incluindo os óleos essenciais, quando utilizados em doses subletais podem favorecer certas características dos insetos (neste caso, o número de ninfas eclodidas), enquanto concentrações maiores são prejudiciais ou tóxicas ao inseto (71, 72). Em nossos resultados, esse fenômeno pode ter ocorrido, pois nota-se que após a imersão dos ovos nos óleos das folhas de *P. gaudichaudianum* (posturas com 24 HI e 72 HI) e *P. tuberculatum* (postura com 48 HI), e nos óleos das inflorescências de *P. aduncum* (posturas com 24 HI e 48 HI) e de *P. malacophyllum* (posturas com 48 HI e 96 HI), houve um estímulo na eclosão de ninfas do percevejo-do-colmo para a menor concentração. Tal efeito não foi observado apenas para a espécie *P. marginatum* (Figuras 6.1, 6.4, 6.7, 6.10 e 6.13).

Os principais compostos químicos encontrados nas espécies e partes das piperáceas utilizadas em nosso trabalho demonstram o grande potencial que esta família de plantas possui como fitoinseticidas, principalmente com a utilização das folhas, que apresentaram melhores resultados de inibição na eclosão de ninfas. Além disso, a quantidade das substâncias presentes nas diferentes partes vegetais de cada espécie de *Piper* pode estar relacionada com os resultados que evidenciaram o efeito hormese em *P. aduncum*, *P. gaudichaudianum*, *P. malacophyllum* e *P. tuberculatum*.

No entanto, a literatura relata que o fenômeno de hormese é baseado no Princípio de Alocação. Esse princípio diz que há trocas na alocação de fontes entre diferentes processos fisiológicos, ou seja, o incremento de algum processo é contraposto a uma diminuição da alocação de recursos energéticos de outro (73). Isso reforça que novos estudos devem ser realizados para verificar se ocorre algum efeito subletal sobre as ninfas de *T. limbativentris* eclodidas na menor concentração dos óleos essenciais das espécies que apresentaram o efeito hormese.

Portanto, nota-se a importância de se conhecer a idade mais suscetível dos ovos de *T. limbativentris* e também quais os óleos essenciais apresentam maior toxicidade ao embrião pois estas informações, quando combinadas aumentam a possibilidade de reduzir a eclosão de ninfas e consequentemente manter a população deste inseto abaixo dos níveis de dano econômico, antes da eclosão das ninfas. Nosso trabalho mostrou que a susceptibilidade dos ovos de *T. limbativentris* pode mudar durante o seu desenvolvimento embrionário, e a relação entre a idade do ovo e susceptibilidade pode variar tanto com a espécie de Piperaceae, como com a parte da planta utilizada. As espécies utilizadas em nosso trabalho foram coletadas em várias regiões brasileiras, demonstrando que pode-se empregar espécies encontradas em diferentes localidades para sua utilização no manejo integrado de pragas. No entanto, apesar do aumento das pesquisas visando encontrar novos fitoinseticidas, muito pouco esforço tem sido devotado ao conhecimento do efeito ovicida dessas plantas, e por isso a reavaliação de estratégias e táticas de controle de insetos é atualmente uma das principais preocupações de vários pesquisadores.

Essa preocupação decorre do insucesso dos programas de controle baseados principalmente no controle químico, então a necessidade de uma reavaliação é propícia principalmente por coincidir com os avanços em disciplinas afins, como a química de compostos vegetais, que abrem novos caminhos para a pesquisa e controle de pragas de interesse econômico. Além disso, outra característica que merece destaque é a preocupação pública com os atuais métodos de controle de insetos, pois, devido aos grandes males causados pela utilização em larga escala de agrotóxicos e inseticidas sintéticos, existe a necessidade de desenvolver novas tecnologias a fim de minimizar esta utilização. Ao mesmo tempo, há crescente interesse por produtos orgânicos, livres de agrotóxicos, bem como a conscientização de produtores e consumidores levando-os a atitudes ecologicamente corretas. Todos

estes aspectos impulsionam a busca por produtos alternativos que não agredam o ambiente.

Consequentemente, estudos em campo e semi-campo também devem ser realizados com o intuito de verificar se o mesmo padrão de resultados encontrados nos estudos em laboratório se mantêm. Principalmente, ao considerarmos os resultados encontrados em nosso trabalho, onde nota-se que os óleos essenciais que causaram maiores porcentagem de inibição na eclosão de ninfas, tanto de folhas quanto de inflorescências, foram extraídos da espécie *P. marginatum*. Além disso, os óleos essenciais obtidos das folhas de todas as espécies de *Piper* quando comparados com os óleos extraídos das inflorescências, apresentaram melhores resultados, com exceção da espécie *P. malacophyllum*, onde o óleo das inflorescências foi mais eficiente do que o das folhas.

Considerando isto, ressalta-se a utilização das folhas das diversas espécies de Piperaceae para obtenção dos óleos essenciais e consequente aplicação como um fitoinseticida biorracional, sobretudo pela facilidade de se obter essa parte vegetal das plantas que pode ser explorada de forma não destrutiva, pela quantidade de folhas que a planta dispõe, e também pela capacidade de recomposição foliar já observada em piperáceas (74). Estas características quando comparada com a obtenção das inflorescências, que ocorrem apenas em determinado período do ciclo anual (reprodutivo) e em menor quantidade do que as folhas, viabilizam os estudos com óleos essenciais extraídos das folhas, neste caso, de plantas da família Piperaceae. Embora mais estudos devem ser realizados para comparar o efeito dos óleos das folhas e inflorescências de outras espécies com ampla distribuição como *P. hispidum* (75); *P. arboreum* (76), *Piper hispidinervum* (13, 76, 77) e outras espécies com potencial inseticidas (78), visando verificar se esse padrão se mantém.

Além disso, produtos naturais como as plantas, constituem fontes promissoras para a bioprospecção de novas moléculas com potente aplicação na produção de novos fitoquímicos. É evidente nos últimos anos que plantas consideradas fitoinseticidas, têm sido foco de interesse de químicos e biólogos devido sua complexidade estrutural, potência e seletividade, como já observado com o piretro, um dos inseticidas vegetais mais importante nos dois últimos séculos (79), e também com outros compostos químicos como a Rotenona, ryanodina, veratridina e azadiractina, ingredientes ativos do timbó (*Lonchocarpus utilis*), ryania (*Ryania speciosa*), sabadilla (*Schoenocaulon officinale*) e nim (*Azadirachta indica*),

respectivamente, que têm sido amplamente utilizados devido sua eficácia e baixa toxicidade para mamíferos.

Nos últimos anos grande parte dos estudos com plantas inseticidas tem sido realizado com semente de nim (79, 80), e outros grupos de plantas, como as Piperaceae, têm sido pouco estudadas, apesar de como observado em nosso estudo, e em diversas outras pesquisas, ser uma rica fonte de moléculas promissoras para o controle de insetos. Assim, o potencial para estudos de bioprospecção, como o isolamento dos principais constituintes fitoinseticidas das piperáceas e consequente síntese desses compostos se faz necessário, podendo inclusive agregar valor para as espécies vegetais nativas.

### **Agradecimentos**

O autor agradece ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR). pelo suporte logístico; aos pesquisadores Dr. Cícero Dechamps do Laboratório de Ecofisiologia Vegetal da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Dr. José Alexandre Freitas Barrigossi da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (EMBRAPA/CNPAP) e Dr. Clécio Sousa Ramos. do Departamento de Ciências Moleculares. Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). que acompanharam e ajudaram durante este estudo. Agradece também. ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por fornecer as bolsas de estudos durante esta pesquisa.

### **Referências**

1. C.C.A. Silva, D.M. Cordeiro, R. Laumann, M.C.B. Moraes, J.A.F. Barrigossi and M. Borges, *Ciclo de vida e metodologia de criação de Tibraca limbativentris Stål, 1860 (Heteroptera: Pentatomidae) para estudos de ecologia química*. Brasília, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 16p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento). 2004.



2. H.F. Prando, H.K. Kalvelage and R.A. Ferreira, *Ciclo de vida de Tibraca limbativentris Stål, 1860 (Hemiptera: Pentatomidae) em condições de laboratório*. Rev. Bras. Entomol., 37, 335-339 (1993).
3. H.F. Prando, (2002) Manejo de pragas em arroz irrigado. In: Epagri: *A cultura do arroz irrigado pré-germinado*. 273p, Florianópolis, (2002).
4. J.F.S. Martins, A.D. Grützmacher and U.S. Cunha, *Descrição e manejo integrado de insetos-pragas em arroz irrigado*. In: *Arroz irrigado no sul do Brasil*, 1st edn, Edits., A.S. Gomes and A.M. Magalhães-Junior, pp. 635-675, Embrapa Informações Tecnológicas, Brasília (2004).
5. F.T. Rampelotti, A. Ferreira, H.F. Prando, A.D. Grützmacher, J.F.S. Martins, F.A. Tcacenco and M.L.T. Mattos, *Patogenicidade de Metarhizium anisopliae (Metsch.) sorokin sobre as fases do desenvolvimento de Tibraca limbativentris Stål (Hemiptera: Pentatomidae) em condições de laboratório*. Arq. Inst. Biol., 74, 141-148 (2007).
6. J.R. Souza, E. Ferreira, A. Cargnelutti-Filho, A. L. Boiça-Junior, E.F. Chagas and J.M. Mondego, *Divergência genética de cultivares de arroz quanto à resistência a Tibraca limbativentris Stål (Hemiptera: Pentatomidae)*. Neotrop. Entomol., 38, 671-676 (2009).
7. F.T. Rampelotti-Ferreira, A. Ferreira, H.F. Prando, F.A. Tcacenco, A.D. Grützmacher and J.F.S. Martins, *Seletividade de agrotóxicos utilizados na cultura do arroz irrigado ao fungo Metarhizium anisopliae, agente de controle microbiano de Tibraca limbativentris*. Cienc. Rural, 40, 745-751 (2010).
8. E.S. Loureiro, A. Moino-Junior, A. Arnosti and G.C. Souza, *Efeito de produtos fitossanitários químicos utilizados em alface e crisântemo sobre fungos entomopatogênicos*. Neotrop. Entomol., 31, 263-269 (2002).
9. R.J. Petroski and D.W. Stanley, *Natural compounds for pest and weed control*. J. Agr. Food Chem., 57, 8171–8179 (2009).
10. E.L.N. Costa, R.F.P. Silva and L.M. Fiuza, *Efeitos, aplicações e limitações de extratos de plantas inseticidas*. Acta Biol. Leopold., 26, 173-185 (2004).
11. Q.P.S. Barbosa, C.A.G. Câmara, C.S. Ramos, D.C.O. Nascimento, J.V. Lima-Filho and E.F. Guimarães, *Chemical composition, circadian rhythm and antibacterial activity of essential oils of Piper divaricatum: a new source of safrole*. Quím. Nova, 35, 1806-1808 (2012).

12. J.L.V. Estrela, M. Fazolin, V. Catani, M.R. Alécio and M.S. Lima, *Toxicidade de óleos essenciais de Piper aduncum e Piper hispidinervum em Sitophilus zeamais*. Pesq. Agropec. Bras., 41, 217-222 (2006).
13. M. Fazolin, J.L.V. Estrela, V. Catani, M.R. Alécio and M.S. Lima, *Propriedade inseticida dos óleos essenciais de Piper hispidinervum C. DC.; Piper aduncum L. e Tanaecium nocturnum (Barb. Rodr.) Bur. & K. Shum sobre Tenebrio molitor L., 1758*. Ciênc. Agrotec., 31, 113-120 (2007).
14. M. Fazolin, J.L.V. Estrela, V. Catani, M.S. Lima and M.R. Alécio, *Toxicidade do óleo de Piper aduncum L. a adultos de Cerotoma tingomarianus Bechyné (Coleoptera: Chrysomelidae)*. Neotrop. Entomol., 34, 485-489 (2005).
15. A.P. Carneiro, M.J.B. Pereira and C. Galbiati, *Efeito biocida do extrato de Annona coriacea Mart 1841 sobre ovos e ninfas recém-eclodidas do vetor da doença de Chagas Rhodnius neglectus Lent 1954 (Hemiptera, Reduviidae)*. Neotrop. Biol. Conserv., 6, 131-136 (2011).
16. D. Laurent, L.A. Vilaseca, J.M. Chantraine, C. Ballivian, G. Saavedra and R. Ibañez, *Insecticidal activity of essential oils on Triatoma infestans*. Phytother. Res., 11, 283-290 (1997).
17. I.M. Scott, H.R. Jensen, B.J.R. Philogène and J.T. Arnason; *A review of Piper spp. (Piperaceae) phytochemistry, insecticidal activity and mode of action*. Phytochem. Rev., 7, 65-75 (2008).
18. H. Van den Dool, and P.D. Kratz, *A generalization of the retention index system including liner temperature programmed gas-liquid partition chromatography*. J. Chromatogr. A, 11, 463-467 (1963).
19. R.P. Adams, *Identification of essential oil components by Gas chromatography/Mass Spectroscopy*. Allured Publishing Corporation, (2007).
20. D.J. Finney, *Probit Analysis*. University Press, Cambridge, UK (1971).
21. E.H. Smith, and E.H. Salkeld, *The use and action of ovicides*. Annu. Rev. Entomol., 11, 331-368 (1966).
22. M. Botton, J.F.S. Martins, A.E. Loeck and M. Rosenthal, *Biologia de Tibraca limbativentris Stål, 1860 em plantas de arroz*. An. Soc. Entomol. Bras., 25, 21-26 (1996).
23. M.I. Picollo and E. Zerba, *Embryogenesis*. In: Atlas dos vetores da Doença de Chagas nas Américas, Edits., R.U. Carcavallo, G.L. Galíndez, J. Jurberg and H. Lent, pp. 265-270, Fiocruz, Rio de Janeiro (1997).

24. G.C. Cutler, C.D. Scott-Dupree, J.H. Tolman and C.R. Harris, *Toxicity of the insect growth regulator novaluron to the non-target predatory bug Podisus maculiventris (Heteroptera: Pentatomidae)*. Biol. Control, 38, 196–204 (2006).
25. P. Anandhi and M.A.K. Pillai, *Ovicidal activity of some insecticides against Scotinophara coaractata (Fab.) (Hemiptera: Pentatomidae) on rice*. J. Entomol. Res., 30, 65-66 (2006).
26. J.O.W. González, M.M. Gutiérrez, A.P. Murray and A.A. Ferrero, *Composition and biological activity of essential oils from Labiatae against Nezara viridula (Hemiptera: Pentatomidae) soybean pest*. Pest Manag. Sci., 67, 948–955 (2011).
27. W.S. Evangelista-Junior, C.S.A. Silva-Torres and J.B. Torres, *Toxicity of Lufenuron to Podisus nigrispinus (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae)*. Neotropical Entomology, 31, 319-326 (2002).
28. G.C. Cutler and C.D. Scott-Dupree. *Novaluron: Prospects and Limitations in Insect Pest Management*. Pest Technology (Global Science Books), 1, 38-46 (2007).
29. J. Hough-Goldstein and C.B. Keil, *Prospects for integrated control of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) using Perillus bioculatus (Hemiptera: Pentatomidae) and various pesticides*. J. Econ. Entomol., 84, 1645–1651 (1991).
30. K. Sahayaraj and S. Kalidas, *Evaluation of nymphicidal and ovicidal effect of a seaweed, Padina pavonica (Linn.) (Phaeophyceae) on cotton pest, Dysdercus cingulatus (Fab.)*. Indian J. Mar. Sci., 40, 125-129 (2011).
31. V.L.C.C. Rodrigues, A.N. Ferraz-Filho, E.O. Rocha e Silva and G.K. Ishihata, *Triatomíneos: ação ovicida de alguns piretróides*. Rev. Soc. Bras. Med. Trop., 35, 237-241 (2002).
32. G. Parra-Henao, C.M.G. Pajón and J. M. C. Torres, *Actividad insecticida de extractos vegetales sobre Rhodnius prolixus y Rhodnius pallescens (Hemiptera: Reduviidae)*. Bol. Mal. Salud Amb., 47, 125-137 (2007).
33. G.R. Valladares, D. Ferreyra, M.T. Defago, M.C. Carpinella and S. Palacios, *Effects of Melia azedarach on Triatoma infestans*. Fitoterapia, 70, 421-424 (1999).
34. A. Retnakaran and J.E. Wrigth, *Control of insect pests with benzoylphenyl ureas*. In: Chitin and benzoyphenyl ureas, Edits., J.E. Wright and A. Retnakaran, pp. 205-288, Dr. W. Junk Publ., Dordrecht (1987).
35. V.B. Wigglesworth and J.W. Beament, *The respiratory mechanisms of some insect eggs*. Q. J. Microsc. Sci., 91, 429-452 (1950).

36. J. Beament, *John Hull Grundy lecture: Eggs - The Neglected Insects*. J R Army Med Corps 135: 49-56 (1989)
37. J.W.L. Beament, *The penetration of insect egg shells: I. Penetration of the chorion of Rhodius prolixus Stål*. B. Entomol. Res., 39, 359-383 (1948).
38. J.W.L. Beament, *The penetration of insect egg shells II. The properties and permeability of subchoral membranes during development of Rhodnius prolixus Stål*. B. Entomol. Res., 39, 467-488 (1949).
39. H.E. Hinton, *Biology of insect eggs*. Three volumes, Pergamon Press, Oxford (1981)
40. B.J. Fiori, *Some factors influencing the ovicidal effectiveness of saturated petroleum oils and synthetic isoparaffins*. Doctoral thesis, Cornell Univ., Ithaca, New York (1963).
41. T.C. Chieng, Z.B. Assim and B.A. Fasihuddin, *Toxicity and antitermite activities of the essential oils from Piper sarmentosum*. The Malaysian J. Analyt. Sci., 12, 234-239 (2008).
42. S. Srivastava, M.M. Gupta, V. Prajapati, A.K. Tripathi and S. Kumar, *Insecticidal activity of myristicin from Piper mullesua*. Pharm. Biol., 39, 226-229 (2001).
43. A.P. Martins, L. Salgueiro, R. Vila, F. Tomi, S. Cañigueral, J. Casanova, A.P. Cunha and T. Adzet, *Essential oils from four Piper species*. Phytochemistry, 49, 2019-2023 (1998).
44. S.M. Morais, V.A. Facundo, L.M. Bertini, E.S.B. Cavalcanti, J.F. Anjos-Junior, S.A. Ferreira, E.S. Brito and M.A. Souza-Neto, *Chemical composition and larvicidal activity of essential oils from Piper species*. Biochem. Syst. Ecol., 35, 670-675 (2007).
45. X.C. Liu, L. Zhou and Z.L. Liu, *Identification of insecticidal constituents from the essential oil of Valeriana jatamansi Jones against Liposcelis bostrychophila Badonnel*. J. Chem., 2013, 1-6 (2013).
46. E.L.D. Albuquerque, J.K.A. Lima, F.H.O. Souza, I.M.A. Silva, A.A. Santos, A.P.A. Araújo, A.F. Blank, R.N. Lima, P.B. Alves and L. Bacci, *Insecticidal and repellence activity of the essential oil of Pogostemon cablin against urban ants species*. Acta Trop., 127, 181–186 (2013).
47. J. Mathew and J.E. Thoppil, *Chemical composition and mosquito larvicidal activities of Salvia essential oils*. Pharm. Biol., 49, 456-463 (2011).

48. J.M.O. Mesquita, C. Cavaleiro, A.P. Cunha, J.A. Lombardi and A.B. Oliveira, *Estudo comparativo dos óleos voláteis de algumas espécies de Piperaceae*. Rev. Bras. Farmacogn., 15, 6-12 (2005).
49. M. Mundina, R. Vila, F. Tomi, M.P. Gupta, T. Adzet, J. Casanova and S. Cañigueral, *Leaf essential oils of three panamanian Piper species*. Phytochemistry, 47, 1277-1282 (1998).
50. V.A. Facundo, C.M. Rezende and A. Pinto, *Essential oil of Piper carniconnectivum C.CD. leaves and stems*. J. Essent. Oil Res., 18, 296-297 (2006).
51. L. Vargas, A. Velasco-Negueruela, M.J. Pérez-Alonso, J. Palá-Paúl and M.C.G. Vallejo, *Essential oil composition of the leaves and spikes of Piper carpunya Ruiz et Pavón (Piperaceae) from Peru*. J. Essent. Oil Res., 16, 122-123 (2004).
52. A. Rahman, S.M. Al-Reza, M.A. Sattar and S.C. Kang, *Potential roles of essential oil and extracts of Piper chaba Hunter to inhibit Listeria monocytogenes*. Rec. Nat. Prod., 5, 228-237 (2011).
53. E.H.A. Andrade, M.G.B. Zoghbi, A.S. Santos and J.G.S. Maia, *Essential oils of Piper gaudichaudianum Kunth and P. regnellii (Miq.) C. DC. Journal of Essential Oil Research*, 10, 465-467 (1998).
54. E.H.A. Andrade, E.F. Guimarães, M.H.L. Silva, R.A. Pereira, C.N. Bastos and J.G.S. Maia, *Essential oil composition of Piper cyrtopodon (Miq.) C. DC. J. Essent. Oil-Bearing Plants*, 9, 53-59 (2006).
55. F. Tchoumboungang, D.P.M. Jazet, M.L. Sameza, N. Fombotioh, W.N.A. Vyry, A.Z.P. Henri and C. Menut, *Comparative essential oils composition and insecticidal effect of different tissues of Piper capense L., Piper guineense Schum. et Thonn., Piper nigrum L. and Piper umbellatum L. grown in Cameroon*. Afr. J. Biotechnol., 8, 424-431 (2009).
56. S. Mohottalage, R. Tabacchi and P.M. Guerin, *Components from Sri Lankan Piper betle L. leaf oil and their analogues showing toxicity against the housefly, Musca domestica*. Flavour Fragr. J., 22, 130-138 (2007).
57. W.M.N.H.W. Salleh, F. Ahmad, K.H. Yen and H.M. Sirat, *Chemical compositions, antioxidant and antimicrobial activity of the essential oils of Piper officinarum (Piperaceae)*. Nat. Prod. Commun., 7, 1659-1662 (2012).
58. W.M.N.H.W. Salleh, F. Ahmad, H.M. Sirat and K.H. Yen, *Chemical compositions and antibacterial activity of the leaf and stem oils of Piper porphyrophyllum (Lindl.) N.E. BR. EXCLI J.*, 11, 399-406 (2012).

59. D. Sruthi, T.J. Zachariah, N.K. Leela and K. Jayarajan, *Correlation between chemical profiles of black pepper (Piper nigrum L.) var. panniyur-1 collected from different locations*. J. Med. Plants Res., 7, 2349-2357 (2013).
60. J.A. Pietro, O.J. Patiño, W.A. Delgado, J.P. Moreno and L.E. Cuca, *Chemical composition, insecticidal, and antifungal activities of fruit essential oils of three colombian Zanthoxylum species*. Chil. J. Agr. Res., 71, 73-82 (2011).
61. D.S. Souza, *Estudo químico do óleo essencial das espécies Piper amalago e Peperomia obtusifolia e biológico de Piper amalago*. Monograph. Chemistry Degree, UEMS, Campo Grande State, Brazil (2010).
62. J.C.S. Oliveira, I.J.M. Dias, C.A.G. Camara and M.O.E. Schwartz, *Volatile constituents of the leaf oils of Piper aduncum L. from different regions of Pernambuco (Northeast of Brazil)*. J. Essent. Oil Res., 18, 557-559 (2006).
63. D.L. Moreira, M.A.C. Kaplan and E.F. Guimarães, *Essential oil analysis of two Piper species (Piperaceae)*. An. Acad. Bras. Ciênc., 70, 751-754 (1998).
64. P.R.D. Santos, D.L. Moreira, E.F. Guimarães and M.A. Kaplan, *Essential oil analysis of 10 Piperaceae species from the Brazilian Atlantic forest*. Phytochemistry, 58, 547-551 (2001).
65. M.C.L. Potzernheim, H.R. Bizzo and R.F. Vieira, *Análise dos óleos essenciais de três espécies de Piper coletadas na região do Distrito Federal (Cerrado) e comparação com óleos de plantas procedentes da região de Paraty, RJ (Mata Atlântica)*. Revista Brasileira de Farmacognosia, 16, 246-251 (2006).
66. H.S. Torquillo, A.C. Pinto, R.L.O. Godoy and E.F. Guimaraes, *Essential oil of Piper cernum Vell. Var. cernum Yuncker from Rio de Janeiro, Brazil*. J. Essent. Oil Res., 12, 443-444 (2000).
67. A.M. Abreu, I.M.C. Brighente, E.M. Aguiar and R.A. Rebelo, *Volatile constituents of Piperaceae from Santa Catarina, Brazil - essential oil composition of Piper cernuum Vell. and Peperomia emarginella (Sw.) C. DC.* J. Essent. Oil Res., 17, 286-288 (2005).
68. S.M.F. Machado, J.S.L.T. Militão, V.A. Facundo, A. Ribeiro, S.M. Morais and M.I.L. Machado, *Leaf oils of two Brazilian Piper species: Piper arboreum Aublet var. latifolium (C.DC.) Yuncker and Piper hispidum Sw.* J. Essent. Oil Res., 6, 643-644 (1994).

69. R. Vila, B. Milo, F. Tomi, J. Casanova, E.A. Ferro and S. Cañigüeral, *Chemical composition of the essential oil from the leaves of Piper fulvescens, a plant traditionally used in Paraguay*. J. Ethnopharmacol., 76, 105-107 (2001).
70. E.H.A. Andrade, A.F. Ribeiro, E.F. Guimarães and J.G.S. Maia, *Essential oil composition of Piper manausense Yuncker*. J. Essent. Oil-Bearing Plants, 8, 295-299 (2005).
71. V.E. Forbes, *Is hormesis an evolutionary expectation?* Funct. Ecol. 14, 12-24 (2000).
72. C. D. Garzon and F.J. Flores, Hormesis: Biphasic Dose-Responses to Fungicides in Plant Pathogens and Their Potential Threat to Agriculture. In: Fungicides - Showcases of Integrated Plant Disease Management from Around the World, Edit. M. Nita, pp. 311-328, Publisher: InTech. (2013).
73. R.M. Sibly and P. Calow, *Physiological ecology of animals - an evolutionary approach*. Blackwell, Scientific Publications, Oxford. 179p. (1986).
74. D. Riva, E.L. Simionatto, A. Wisniewski-Junior, A.R. Salerno, and T.H. Schallenberger, *Adaptation studies of Piper hispidinervum C. DC. (long pepper) species in Itajaí Valley – SC, by the chemical composition of essential oil obtained by microwave and traditional hydrodistillation*. Acta Amaz, 41, 297-302 (2011).
75. M.R.A. Santos, A.G. Silva, R.A. Lima, D.K.S. Lima, L.A.P. Sallet, C.A.D. Teixeira, A.R. Polli and V.A. Facundo, *Atividade inseticida do extrato das folhas de Piper hispidum (Piperaceae) sobre a broca-do-café (Hypothenemus hampei)*. Braz. J. Botany, 33, 319-324 (2010).
76. V.S. Parmar, S.C. Jain, K.S. Bisht, R. Jain, P. Taneja, A. Jha, O.D. Tyagi, A.K. Prasad, J. Wengel, C.E. Olsen and P.M. Boll, *Phytochemistry of the genus Piper*. Phytochemistry, 46, 591-673, 1997).
77. R.K. Lima, M.G. Cardoso, J.C. Moraes, B.A. Melo, V.G. Rodrigues and P.L. Guimarães, *Insecticidal activity of long-pepper essential oil (Piper hispidinervum C. DC.) on fall armyworm Spodoptera frugiperda (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)*. Acta Amaz. 39, 377–382 (2009).
78. R. Ghosh, K. Darin, P. Nath and P. Deb, *An overview of various Piper species for their biological activities*. Int. J. Pharm. Res. Rev., 3, 67-75 (2014).
79. M.B. Isman, *Plant essential oils for pest and disease management*. Crop Protection, 19: 603-608 (2000).

80. J.E. Casida and G.B. Quistad, *Golden age of insecticide research: past, present, or future?* Annu. Rev. Entomol., 43, 1-16 (1998).



## Capítulo 7

### **Efeito ninficida de óleos essenciais de *Piper* spp. (Piperaceae) sobre o percevejo do colmo do arroz, *Tibraca limbativentris* (Hemiptera, Pentatomidae)\***

Diones Krinski

\*À ser submetido para o Journal Pest Management Science  
(Normas e instruções aos autores em anexo – página 274)

*"A história da vida na Terra  
tem sido uma história de interação  
entre coisas vivas e seus ambientes"*  
(Rachel Carson)

**Efeito ninficida de óleos essenciais de *Piper* spp. (Piperaceae) sobre o percevejo do colmo do arroz, *Tibraca limbativentris* (Hemiptera, Pentatomidae)**

*Running title:* Nymphicidal effect of essential oils from Piperaceae on *Tibraca limbativentris*

**Diones Krinski<sup>a,\*</sup>**

\* Correspondence to: Diones Krinski, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Caixa Postal 19020, 81581-580, Curitiba-PR, Brazil. E-mail. diones.krinski@ufpr.br

<sup>a</sup> Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Departamento de Zoologia, Laboratório de Controle Integrado de Insetos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, Brazil.

**BACKGROUND:** Óleos essenciais de folhas, inflorescências e ramos de 5 espécies de plantas da família Piperaceae foram obtidos por hidrodestilação e analisados por GC/MS. A atividade ninficida desses óleos foi avaliada contra ninfas de segundo instar do percevejo-do-colmo, *Tibraca limbativentris* (Heteroptera, Pentatomidae), uma praga economicamente importante em plantações de arroz em toda a América Latina.

**RESULTADOS:** Todas as espécies de Piperaceae testadas apresentaram efeito ninficida, com destaque para os óleos das inflorescências e folhas de *P. aduncum* com mortalidades maiores que 80% já nas primeiras três horas após a aplicação dos óleos. O óleo das folhas de *P. gaudichaudianum* também se destacou causando a mortalidade de 98% das ninfas. Da mesma forma, os óleos de folhas e inflorescências de *P. marginatum* e das folhas de *P. tuberculatum* ocasionaram a mortalidade de ninfas em 96%, 81% e 89% respectivamente. Apenas os óleos de *P. malacophyllum* apresentaram mortalidade de ninfas inferior a 70%.

**CONCLUSÃO:** O presente estudo indica que as diversas espécies e partes vegetais das Piperaceae testadas possuem grande potencial fitosinseticida para o controle de

ninfas de *T. limbativentris*. A mortalidade observada possivelmente está relacionada aos principais compostos químicos encontrados em cada espécie, como o dilapiol e a miristicina presentes em *P. aduncum* e *P. tuberculatum*, longipinanol encontrado em *P. gaudichaudianum*, longifolene e spathulenol presentes em *P. marginatum* e  $\alpha$ -Guaiene encontrado em *P. malacophyllum*.

**Palavras-chaves:** Fitoinseticida *Piper aduncum*, *Piper gaudichaudianum*, *Piper malacophyllum*, *Piper marginatum*, *Piper tuberculatum*.

## Introdução

O arroz é o alimento básico de mais da metade da população mundial e apresenta um dos melhores balanceamentos nutricionais, responsável pelo fornecimento de 20% da energia e 15% das proteínas necessárias para o ser humano.<sup>1</sup> Durante seu cultivo, o arroz pode ser afetado por plantas invasoras, doenças e insetos fitófagos, que podem reduzir significativamente a produtividade e a qualidade dos grãos em até 90%.<sup>2,3</sup> Dentre as principais pragas que atacam o arroz, o percevejo-do-colmo *Tibraca limbativentris* Stal, 1860 (Hemiptera: Pentatomidae), também conhecido como percevejo marrom, percevejo das hastes e percevejo grande do arroz, é um dos insetos mais prejudiciais à cultura do arroz no Brasil.<sup>4</sup> Esta espécie possui ampla distribuição geográfica na região Neotropical ocorrendo em toda a região orizícola da América Latina, com destaque para países produtores de arroz, como Argentina, Brasil, Colômbia, Equador, Peru, República Dominicana e Venezuela.<sup>3,5,6</sup>

O percevejo-do-colmo é o inseto-praga de mais difícil controle em todas as regiões produtoras de arroz no Brasil, independente do sistema de produção praticado.<sup>3</sup> Segundo alguns pesquisadores, a principal forma de controle desta espécie é através de produtos químicos, sendo que os princípios ativos registrados no Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT) para o controle desta praga na cultura do arroz são tiometoxam (neonicotinóide), ciflutrina (piretróide), lambda-cialotrina (piretróide) e malotina (organofosforado).<sup>7,8,9</sup> Porém, o uso contínuo destes pesticidas tem acarretado diversos problemas, como contaminação ambiental, desenvolvimento de populações de percevejos resistentes aos inseticidas, presença

de resíduos tóxicos nos grãos, intoxicação dos aplicadores e diminuição dos inimigos naturais.<sup>3,10,11</sup>

Diante de todos estes problemas, uma alternativa viável para o controle deste percevejo seria a utilização de óleos essenciais obtidos de plantas consideradas fitoinseticidas, uma vez que plantas geralmente apresentam baixa toxicidade e pouca persistência no ambiente.<sup>12</sup> Neste contexto as plantas das famílias Piperaceae surgem como alternativa promissora para o controle de pragas em geral, principalmente por possuírem em sua composição substâncias como o dilapiol, a miristicina e o safrol, que apresentam alto potencial inseticida.<sup>13-16</sup>

No entanto, são incipientes pesquisas que relatem a bioatividade destas plantas sobre a mortalidade em percevejos pentatomídeos, portanto, frente à necessidade da busca de métodos alternativos que preconizem uma agricultura menos impactante ao meio ambiente, este trabalho teve por objetivo verificar a ação ninficida de óleos essenciais de folhas, ramos e inflorescências de cinco espécies de Piperaceae sobre ninfas de segundo instar do percevejo-do-colmo do arroz, *T. limbativentris*.

## **Material e Métodos**

### **Obtenção das ninfas**

As ninfas foram obtidas a partir de posturas da criação de *T. limbativentris* estabelecida em casa de vegetação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (EMBRAPA/CNPAF), onde este estudo foi conduzido. O desenvolvimento ovo-ninfa foi acompanhado diariamente, desde a eclosão até o 2º instar. Nos bioensaios foram utilizadas ninfas de 2º instar com até 24 horas de idade.

Este estágio ninfal foi utilizado considerando que é nesta fase de desenvolvimento que as ninfas começam a se alimentar dos colmos de arroz. E a partir deste instar, as ninfas migram das posturas (que geralmente estão nas folhas) para o meio dos colmos das plantas, local que dificulta as estratégias de controle deste inseto-praga nos estádios posteriores.<sup>2</sup>

### Obtenção do material vegetal e extração dos óleos essenciais

Para obtenção dos óleos essenciais foram utilizadas diferentes partes vegetais de diversas espécies de Piperaceae coletadas em três estados brasileiros, sendo folhas e inflorescências das espécies *Piper marginatum* L. e *P. malacophyllum* Priesl., coletadas na Fazenda Florentino, município de Novo Progresso/PA (7°07'43.56"S e 55°23'22.09"W - 231 m e 7°06'56.31"S e 55°24'22.19"W - 210 m); folhas e inflorescências de *P. aduncum* L. e folhas de *P. tuberculatum* Jacq., coletadas na região central do município de Tangará da Serra/MT (14°37'29.32"S e 57°29'09.10"W - 385 m); e folhas e inflorescências de *P. gaudichaudianum* Kuntze coletadas nas proximidades do Parque Tingui, município de Curitiba/PR (25°23'30"S e 49°18'22"W - 908 m). As espécies foram identificadas pela botânica Dra. Micheline Carvalho-Silva da Universidade de Brasília (UnB), e as exsicatas dessas espécies foram depositadas no Herbário Tangará (TANG) sob números de registros 1738, 1741, 1776, 1778.

Após a coleta, o material vegetal foi levado à estufa, onde permaneceu durante 96 horas a 37°C, para secagem. Em seguida cada parte da planta foi triturada em moinho do tipo faca para a obtenção do pó vegetal. O material moído foi encaminhado para o Laboratório de Ecofisiologia Vegetal da Universidade Federal do Paraná (UFPR), onde foram feitas as extrações dos óleos em aparelho tipo Clevenger, por arraste de vapor d'água. Para cada extração dos óleos, 50 gramas do pó vegetal foi colocado em um balão de 2 L contendo 1 L de água destilada. Este balão foi aquecido em manta aquecedora e após iniciar a fervura do material vegetal, este permaneceu durante 3 horas realizando a extração por arraste de vapor e obtenção do óleo essencial puro. A partir desses óleos essenciais foram realizadas as diluições para utilização nos bioensaios nas concentrações de 0.25; 0.5; 1.0; 2.0 e 4.0 % utilizando-se Tween® 20 (Monolaurato de Sorbitan Etoxilado 20 EO - C<sub>58</sub>H<sub>114</sub>O<sub>26</sub>) à 5% para solubilização dos óleos.

### Cromatografia gasosa dos óleos essenciais

Os óleos essenciais foram analisados por GC/MS (60-240 °C a 3 °C taxa min) em Varian 431-CG acoplado ao Varian 220-MS, utilizando uma coluna capilar de sílica fundida (30 m x 0.25 mm i.d. x 0.25 µm) revestida com DB-5. As temperaturas do injetor e do detector foram de 250 e 260 °C, respectivamente. Hélio foi utilizado como gás transportador com um fluxo de 1,5 ml/min; injeção foi em modo dividido (1:50), e o volume de injeção foi de 1,0 µL. Os espectros de massa foram obtidos utilizando

impacto de elétrons a 70 eV, com um intervalo de varredura de 0,5 s e intervalo de massas de 40 até 550 m/z. A identificação inicial dos componentes dos óleos essenciais foram realizadas por comparação com os valores previamente reportados de índices de retenção, obtidos por co-injeção de amostras de óleo e hidrocarbonetos lineares C11-C24 e calculados de acordo com a equação de Van den Dool e Kratz.<sup>17</sup> Posteriormente, os espectros de massas adquiridos para cada componente foram comparados com aqueles armazenados na biblioteca de massa espectral Wiley/NBS do sistema de GC/MS e com outros dados de massa espectrais publicados.<sup>18</sup>

### **Bioatividade dos óleos sobre ninfas de segundo instar**

Para avaliar a atividade dos óleos essenciais das Piperaceae sobre ninfas de *T. limbativentris* foi realizado um bioensaio de contato tópico para cada espécie e parte de planta. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado com sete tratamentos e dez repetições contendo dez ninfas de 2º instar do percevejo-do-colmo com até 24 horas de idade. Para cada concentração foram realizadas aplicações tópicas de 2µL, com o auxílio de uma micropipeta, no dorso (tórax-abdômen) de cada inseto. Após a aplicação dos óleos, as ninfas foram colocadas em potes plásticos (245 ml), com um colmo de arroz para alimentação. O alimento foi trocado a cada dois dias. As ninfas permaneceram em sala climatizada com temperatura de 25±2°C, umidade relativa de 75±0,60% e fotofase de 14 horas. A avaliação da mortalidade foi realizada diariamente, e as ninfas sobreviventes foram avaliadas até chegarem ao 3º instar.

### **Análise estatística**

Os dados de mortalidade e de tempo para as ninfas passarem para o terceiro instar, após a aplicação dos óleos essenciais, foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk a 5%. Aqueles que apresentaram distribuição normal foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e à comparação de médias pelos testes Tukey ou *t* a 5%.

Os dados que não apresentaram distribuição normal foram submetidos aos testes não paramétricos Kruskal-Wallis ou Mann Whitney a 5%. As concentrações letais para matar 50% das ninfas (CL<sub>50</sub>) foram calculadas pela análise de Probit<sup>19</sup> utilizando o software Statistica 7. A análise de Regressão Linear Simples e as curvas de mortalidade [ $f = a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$ ] foram feitas com o Programa SigmaPlot versão 12.5 (Systat Software, Inc.).<sup>20</sup>

## Resultados e Discussão

### Análise cromatográfica

As cromatografias evidenciaram os principais constituintes químicos presentes em cada um dos óleos essenciais utilizados no experimento. Em todos os óleos essenciais de *P. aduncum* os compostos encontrados em maior quantidade foram o dilapiol, a miristicina e o z-carpacin, tanto para folhas (dilapiol: 53.6%, miristicina: 24.3% e z-carpacin: 11.9%), ramos (dilapiol: 60.1%, miristicina: 21.2% e z-carpacin: 10.7%) e inflorescências (dilapiol: 87.0%, miristicina: 5.7% e z-carpacin: 5.6%). *Piper gaudichaudianum* apresentou maior quantidade de  $\delta$ -2-carene (65.4%) e sabinene (20.3%) nas inflorescências e longipinanol (19.1%), 5-epi-7-epi- $\alpha$ -eudesmol (13.3%), globulol (10.3%), e  $\alpha$ -guaiene (8.3%) encontrados nas folhas.

Em *P. malacophyllum* os principais compostos foram  $\beta$ -cubebeno (38.7%) e  $\alpha$ -guaiene (24.4%) encontrados nos óleos das inflorescências, e o  $\alpha$ -bulneseno (20.7%) e trans- $\beta$ -guaiene (15.8%) presentes no óleo das folhas. *Piper marginatum* teve como principais componentes químicos a E-isolemicin (10.0%), spathulenol (9.3%) e o prezizane (7.6%) encontrados nas folhas, e o longifolene (10.3%), spathulenol (9.3%), prezizane (8.5%), allocedrol (7.6%) e trans-muurola-4(14),5-diene (5.6%) presentes nas inflorescências. Já a espécie *P. tuberculatum* teve como principais compostos presentes nas folhas, a Miristicina (15.5%), o Dilapiol (13.8%), o  $\alpha$ -Guaiene (13.0%), o trans-Muurola-4(14),5-Diene (9.9%) e o 9-epi-E-Cariofilene (7.1%).

### Mortalidade de ninfas após aplicação dos óleos essenciais

Os resultados mostram que os óleos essenciais de todas as espécies e partes vegetais de *Piper* spp. apresentaram atividade inseticida sobre ninfas de 2º instar de *T. limbativentris* e foram significativamente diferentes em quase todas as concentrações quando comparadas com os tratamentos controles. Os dados encontrados para cada espécie serão apresentados separados por espécie e partes das plantas utilizadas.

*Piper aduncum*

O óleo essencial das folhas de *P. aduncum* causou a mortalidade de 54% das ninfas de *T. limbativentris* já nas primeiras 3 horas após a aplicação do óleo (HAA) na maior concentração. Os óleos de ramos e inflorescências apresentaram valores mais expressivos, ambos com mortalidades superiores a 72% para concentrações de 1% chegando a mais de 88% de mortalidade de ninfas para a concentração de 4%. A mortalidade tendeu a aumentar com o tempo, e após 120 HAA chegou a 83% para óleos das folhas na concentração de 2% e causou a mortalidade total das ninfas com a utilização de 4% dos óleos extraídos dos ramos e inflorescências (Tabela 7.1).

Comparando-se o efeito dos óleos extraídos das três partes de *P. aduncum*, nota-se que os óleos dos ramos e das inflorescências foram significativamente mais eficientes do que o óleo das folhas, com destaque para o óleo dos ramos que causou mais de 50% de mortalidade de ninfas 72 HAA na concentração de 0.5% e 120 HAA na concentração de 0.25% (Figura 7.1).

Estes dados se ajustam com as regressões lineares simples mostrando que 70.3%, 59.6% e 26.6% da mortalidade de ninfas de *T. limbativentris* ocorreram devido às diferentes concentrações dos óleos de folhas, ramos e inflorescências de *P. aduncum* respectivamente (Figuras 7.2).

No entanto, as curvas de mortalidade apresentaram as maiores inclinações nas curvas para os óleos essenciais das inflorescências (coeficiente angular= 6.55) e ramos (coeficiente angular= 4.28) de *P. aduncum*, indicando que pequenas variações nas concentrações desses óleos ocasionam maior mortalidade de ninfas do que se a mesma variação na concentração ocorresse para o óleo das folhas (coeficiente angular= 3.74). Além disso, houve uma forte e direta correlação da mortalidade com as concentrações dos óleos das folhas ( $r= 0.8386$ ) e ramos ( $r= 0.7723$ ) e moderada correlação para o óleo das inflorescências ( $r= 0.5159$ ) (Figuras 7.2 – 7.6).



Tabela 7.1. Número e porcentagem média de mortalidade de ninfas ( $\pm$  erro padrão) após a aplicação dos óleos essenciais de folhas, inflorescências e ramos de *Piper aduncum* sobre ninfas de 2º instar de *Tibraca limbativentris*.

Parte vegetal/ Concentração		Tempo após a aplicação do óleo essencial			
		3 horas	24 horas	72 horas	120 horas
Folhas	4.0 %	5.4 ± 0.7 ab (54%)	6.9 ± 0.8 a (69%)	7.5 ± 0.5 ab (75%)	7.7 ± 0.5 a (77%)
	2.0 %	5.2 ± 0.4 a (52%)	6.6 ± 0.6 a (66%)	7.9 ± 0.8 a (79%)	8.3 ± 0.5 a (83%)
	1.0 %	3.1 ± 0.3 ab (31%)	4.0 ± 0.3 b (40%)	5.2 ± 0.4 abc (52%)	5.7 ± 0.5 ab (57%)
	0.5 %	1.7 ± 0.3 abc (17%)	1.9 ± 0.3 abc (19%)	2.3 ± 0.4 bcd (23%)	2.6 ± 0.5 bc (26%)
	0.25 %	1.4 ± 0.3 bc (14%)	1.7 ± 0.4 bc (17%)	2.5 ± 0.5 cd (25%)	2.8 ± 0.5 bc (28%)
	Tween	0.0 ± 0.0 c (0%)	0.2 ± 0.2 c (2%)	0.4 ± 0.2 d (4%)	0.9 ± 0.3 c (9%)
	Água	0.0 ± 0.0 c (0%)	0.0 ± 0.0 c (0%)	0.2 ± 0.1 d (2%)	0.6 ± 0.2 c (6%)
	H	55.508	56.040	56.242	54.700
	p-valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	CL <sub>50</sub> (%)	3.835	2.207	1.756	1.557
IC	3.618-4.053	2.158-2.256	1.713-1.799	1.497-1.617	
Ramos	4.0 %	8.8 ± 0.3 a (88%)	9.7 ± 0.2 a (97%)	9.9 ± 0.1 a (99%)	10.0 ± 0.0 a (100%)
	2.0 %	8.0 ± 0.6 ab (80%)	8.5 ± 0.5 ab (85%)	9.6 ± 0.2 a (96%)	9.7 ± 0.1 a (97%)
	1.0 %	7.2 ± 0.4 abc (72%)	7.3 ± 0.4 abc (73%)	9.3 ± 0.2 a (93%)	9.3 ± 0.2 ab (93%)
	0.5 %	2.7 ± 0.5 bcd (27%)	2.7 ± 0.5 bcd (27%)	3.5 ± 0.3 ab (35%)	3.8 ± 0.4 abc (38%)
	0.25 %	1.6 ± 0.3 cd (16%)	1.6 ± 0.3 cd (16%)	1.7 ± 0.3 b (17%)	2.3 ± 0.2 bc (23%)
	Tween	0.0 ± 0.0 d (0%)	0.2 ± 0.2 d (2%)	0.4 ± 0.2 b (4%)	0.9 ± 0.3 c (9%)
	Água	0.0 ± 0.0 d (0%)	0.0 ± 0.0 d (0%)	0.2 ± 0.1 b (2%)	0.6 ± 0.2 c (6%)
	H	61.22417	61.875	62.256	61.594
	P	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	CL <sub>50</sub> (%)	1.479	1.344	1.086	1.005
IC	1.344-1.613	1.047-1.640	0.612-1.560	0.456-1.554	
Inflorescências	4.0 %	9.4 ± 0.2 a (94%)	9.4 ± 0.2 a (94%)	9.9 ± 0.1 a (99%)	10.0 ± 0.0 a (100%)
	2.0 %	8.7 ± 0.3 ab (87%)	9.0 ± 0.3 ab (90%)	9.7 ± 0.1 ab (97%)	9.7 ± 0.1 a (97%)
	1.0 %	7.8 ± 0.5 ab (78%)	7.8 ± 0.5 ab (78%)	9.0 ± 0.2 ab (90%)	9.5 ± 0.1 a (95%)
	0.5 %	4.3 ± 0.5 abc (43%)	4.4 ± 0.5 abc (44%)	6.4 ± 0.3 abc (64%)	7.9 ± 0.6 a (79%)
	0.25 %	3.2 ± 0.5 bc (32%)	3.3 ± 0.6 bc (33%)	5.5 ± 0.6 bc (55%)	6.8 ± 0.7 ab (68%)
	Tween	0.0 ± 0.0 c (0%)	0.2 ± 0.2 c (2%)	0.4 ± 0.2 c (4%)	0.9 ± 0.3 b (9%)
	Água	0.0 ± 0.0 c (0%)	0.0 ± 0.0 c (0%)	0.2 ± 0.1 c (2%)	0.6 ± 0.2 b (6%)
	H	62.064	62.079	62.663	54.726
	p-valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	CL <sub>50</sub> (%)	1.057	1.020	0.556	0.332
IC	0.802-1.313	0.746-1.29	0.033-1.147	0.481-1.146	

<sup>1</sup>Porcentagens médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem pelo teste

<sup>2</sup>Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ).

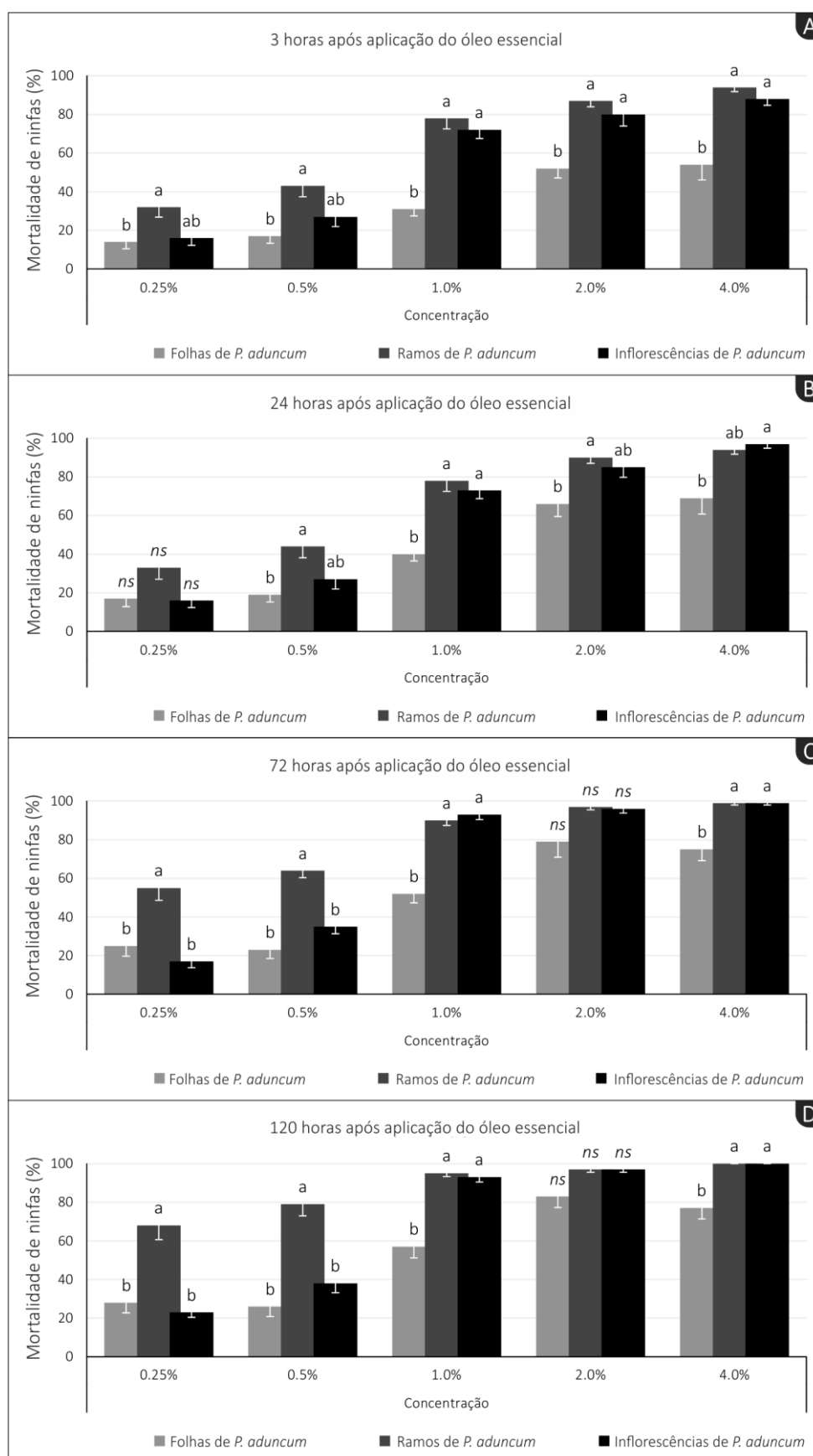


Figura 7.1. Comparação da porcentagem média ( $\pm$  erro padrão) de mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas, ramos e inflorescências de *Piper aduncum*. Avaliações realizadas 3, 24, 72 e 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

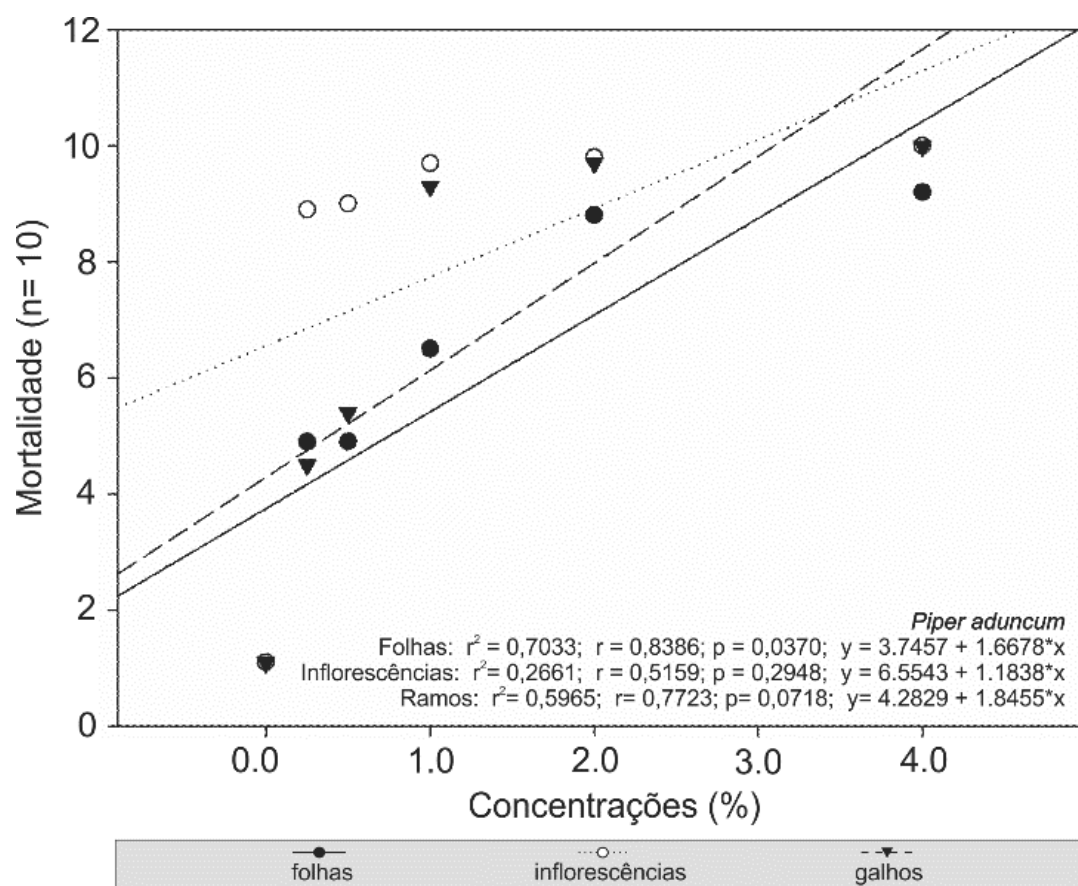


Figura 7.2. Regressão linear entre a mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* e as concentrações dos óleos essenciais de folhas, inflorescências e ramos de *Piper aduncum* 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

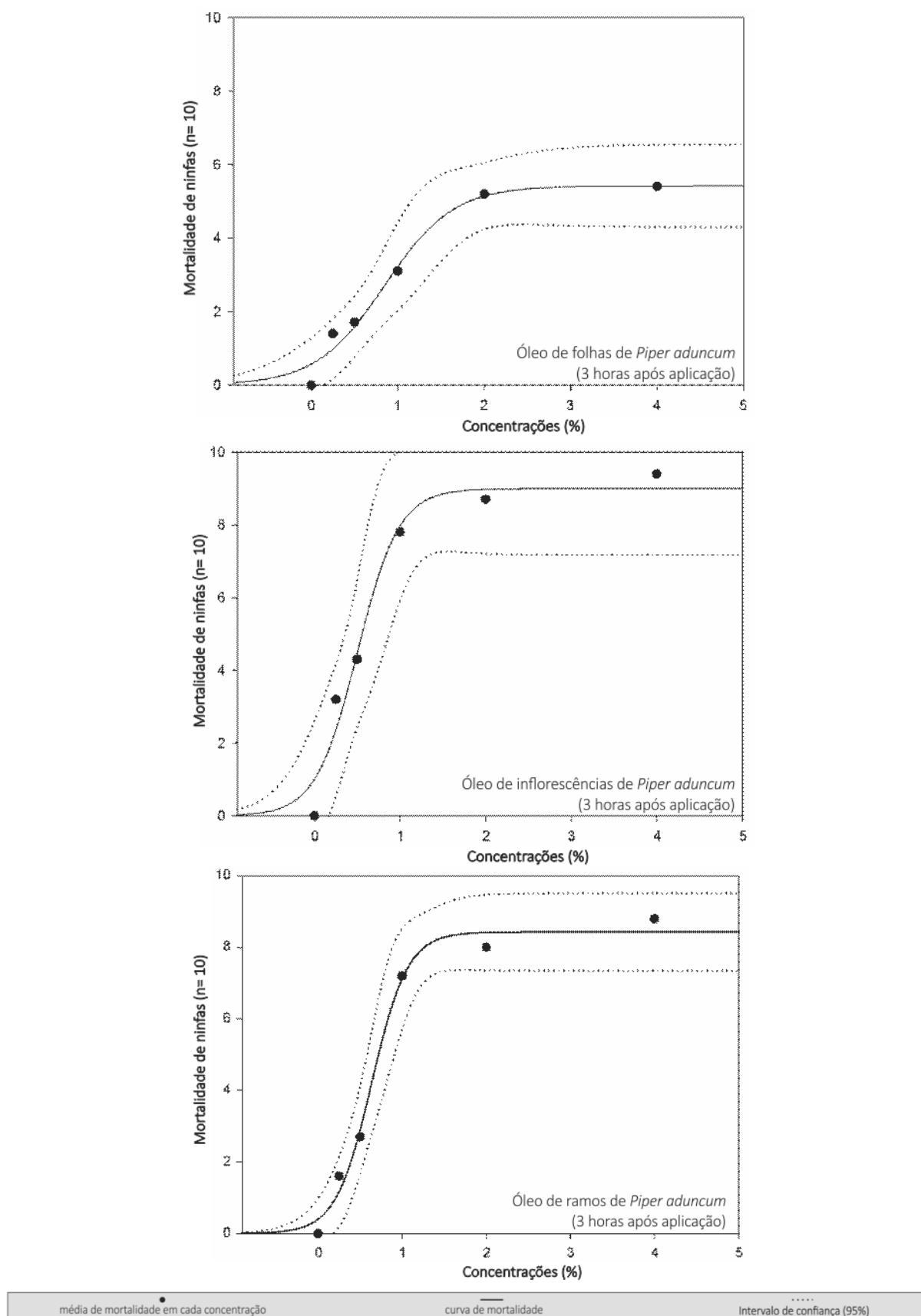


Figura 7.3. Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas, inflorescências e ramos de *Piper aduncum*. Avaliações realizadas 3 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

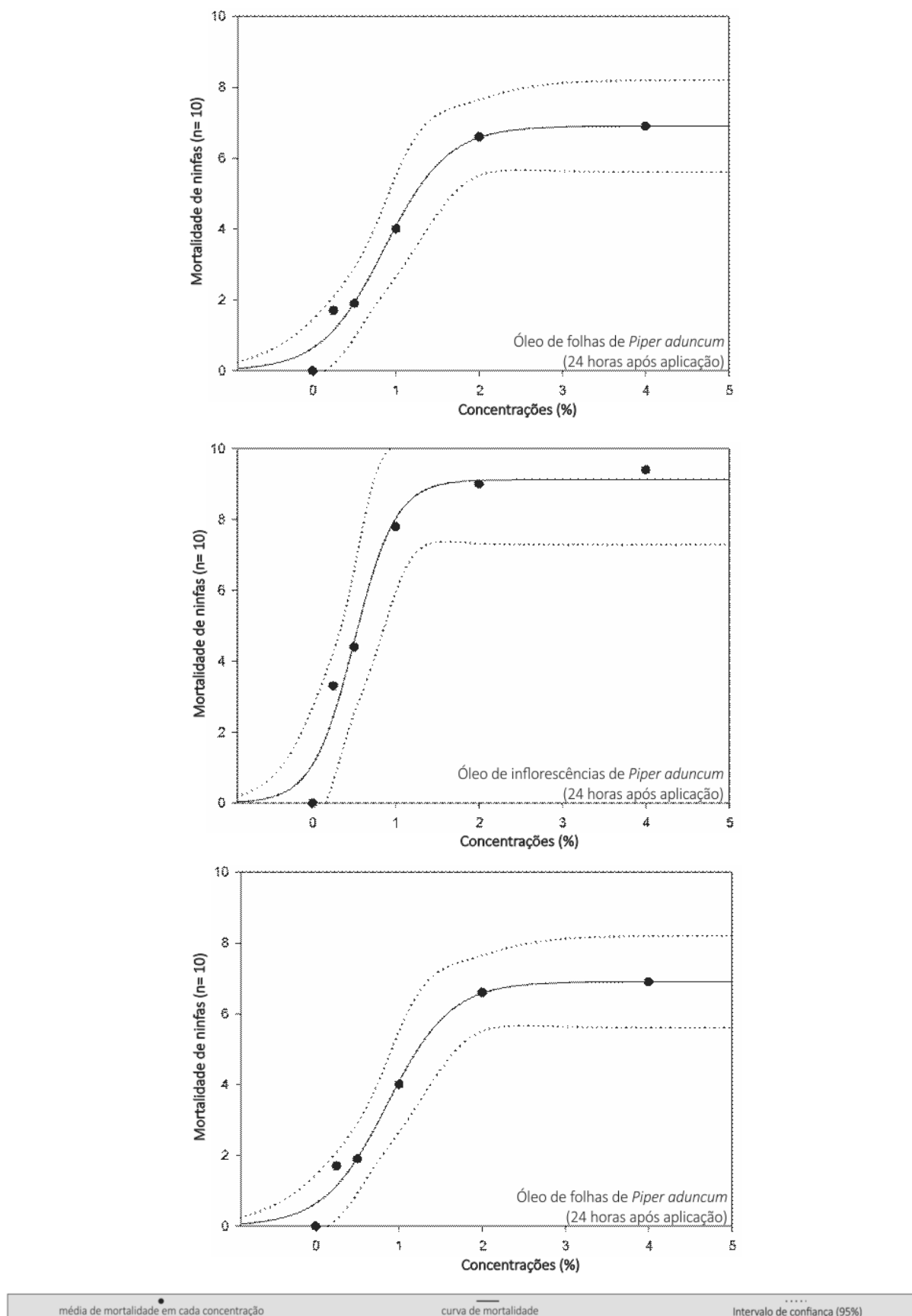


Figura 7.4. Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas, inflorescências e ramos de *Piper aduncum*. Avaliações realizadas 24 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

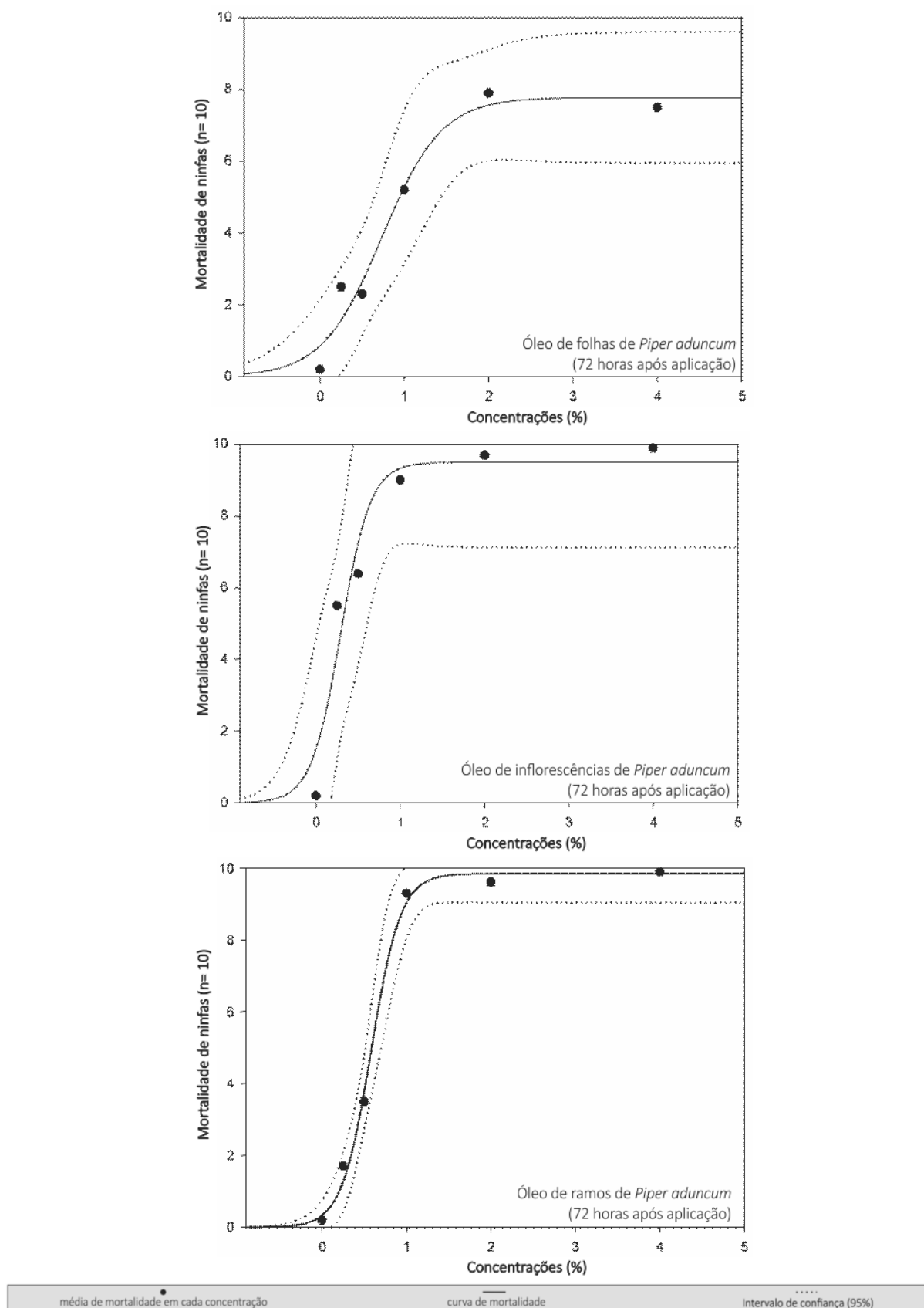


Figura 7.5. Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas, inflorescências e ramos de *Piper aduncum*. Avaliações realizadas 72 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

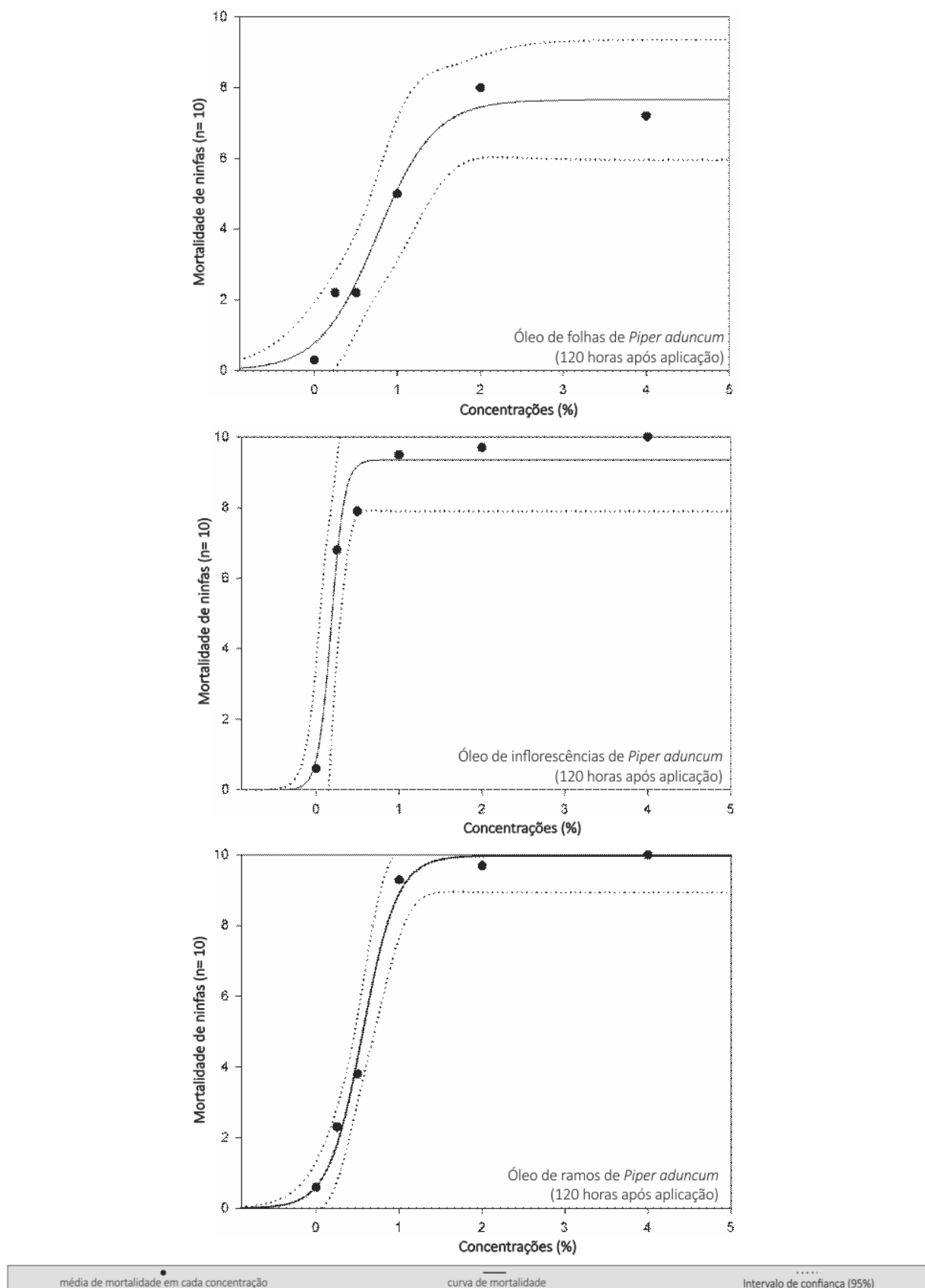


Figura 7.6. Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas, inflorescências e ramos de *Piper aduncum*. Avaliações realizadas 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

*Piper gaudichaudianum*

Entre os óleos das folhas de *P. gaudichaudianum*, após 3 horas da aplicação, a mortalidade de ninfas foi significativamente maior a partir da concentração de 1%, causando 57% de mortalidade, que chegou a 98% para a maior concentração. Esse padrão se manteve até 120 horas após a aplicação. Os óleos das inflorescências não causaram mais do que 14% de mortalidade nas primeiras 3 horas após a aplicação na maior concentração, e mesmo após 120 horas após a aplicação, a mortalidade não passou de 35% para a concentração de 2% (Tabela 7.2).

Quando comparamos o efeito dos óleos extraídos das duas partes vegetais de *P. gaudichaudianum*, nota-se que o óleo das folhas foi significativamente mais eficiente do que o óleo das inflorescências em todas as concentrações de todos os períodos avaliados, com exceção das concentrações 0.25% e 0.5% à 24 HAA que não apresentou diferenças significativas entre os óleos (Figura 7.7).

As concentrações letais para matar 50% das ninfas ( $CL_{50}$ ) corroboram com tais resultados, pois mostram que o óleo das folhas foi mais eficiente sempre com valores inferiores a 1.67%, enquanto a menor  $CL_{50}$  do óleo das inflorescências foi de 22,9%, o que mostra a ineficiência deste óleo para matar as ninfas de *T. limbativentris* (Tabela 7.2).

As regressões lineares simples se ajustam aos resultados apresentados e evidenciam que 50.6% e 69.1% da mortalidade de ninfas ocorreu devido as diferentes concentrações dos óleos de folhas e inflorescências de *P. gaudichaudianum* respectivamente (Figura 7.8). E as curvas de concentração-mortalidade reforçam os dados, pois as maiores inclinações foram observadas para os óleos essenciais das folhas (coeficiente angular= 4.89) do que nas curvas dos óleos das inflorescências (coeficiente angular= 2.74) (Figuras 7.9 – 7.12).

Além disso, a mortalidade mostrou-se positiva e fortemente correlacionada com as concentrações dos óleos das folhas ( $r= 0.7118$ ) e inflorescências ( $r= 0.8315$ ) (Figuras 7.8).



Tabela 7.2. Número e porcentagem média de mortalidade de ninfas ( $\pm$  erro padrão) após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper gaudichaudianum* sobre ninfas de 2° instar de *Tibraca limbativentris*.

Parte vegetal/ Concentração		Tempo após a aplicação do óleo essencial			
		3 horas	24 horas	72 horas	120 horas
Folhas	4.0 %	9.8 ± 0.1 a (98%)	9.8 ± 0.1 a (98%)	9.8 ± 0.1 a (98%)	9.8 ± 0.1 a (98%)
	2.0 %	5.5 ± 0.6 ab (55%)	5.5 ± 0.6 ab (55%)	5.8 ± 0.6 ab (58%)	6.2 ± 0.5 ab (62%)
	1.0 %	5.7 ± 0.5 ab (57%)	5.7 ± 0.5 ab (57%)	5.9 ± 0.5 ab (59%)	6.3 ± 0.5 ab (63%)
	0.5 %	2.1 ± 0.4 bc (21%)	2.1 ± 0.4 bc (21%)	3.0 ± 0.4 bc (30%)	3.8 ± 0.4 bc (38%)
	0.25 %	1.8 ± 0.4 bc (18%)	1.8 ± 0.4 bc (18%)	2.8 ± 0.4 bc (28%)	3.6 ± 0.4 bc (36%)
	Tween	0.0 ± 0.0 c (0%)	0.2 ± 0.2 c (2%)	0.4 ± 0.2 c (4%)	0.9 ± 0.3 c (9%)
	Água	0.0 ± 0.0 c (0%)	0.0 ± 0.0 c (0%)	0.2 ± 0.1 c (2%)	0.6 ± 0.2 c (6%)
	H	61.249	60.210	59.581	58.65809
	p-valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	CL <sub>50</sub> (%)	1.674	1.674	1.662	1.275
IC		1.535-1.813	1.535-1.813	1.525-1.798	1.111-1.440
Inflorescências	4.0 %	1.4 ± 0.1 a (14%)	2.1 ± 0.3 a (21%)	2.4 ± 0.3 a (24%)	2.9 ± 0.3 a (29%)
	2.0 %	0.5 ± 0.2 ab (5%)	1.0 ± 0.2 abc (10%)	2.3 ± 0.7 ab (23%)	3.5 ± 0.8 a (35%)
	1.0 %	0.7 ± 0.2 ab (7%)	1.4 ± 0.3 ab (14%)	2.0 ± 0.4 ab (20%)	2.9 ± 0.7 ab (29%)
	0.5 %	0.6 ± 0.2 ab (6%)	1.0 ± 0.3 abc (10%)	1.2 ± 0.3 abc (12%)	2.1 ± 0.6 ab (21%)
	0.25 %	0.2 ± 0.1 b (2%)	1.0 ± 0.3 abc (10%)	1.3 ± 0.3 abc (13%)	1.8 ± 0.3 ab (18%)
	Tween	0.0 ± 0.0 b (0%)	0.2 ± 0.2 bc (2%)	0.4 ± 0.2 bc (4%)	0.9 ± 0.3 ab (9%)
	Água	0.0 ± 0.0 b (0%)	0.0 ± 0.0 c (0%)	0.2 ± 0.1 c (2%)	0.6 ± 0.2 b (6%)
	H	33.186	28.136	27.549	22.973
	p-valor	<0.0001	<0.0001	0.000	<0.0001
	CL <sub>50</sub> (%)	16.062	11.689	8.797	7.012
IC		14.317-17.808	10.893-12.484	8.345-9.250	6.798-7.226

<sup>1</sup>Porcentagens médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem pelo teste <sup>2</sup>Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ).

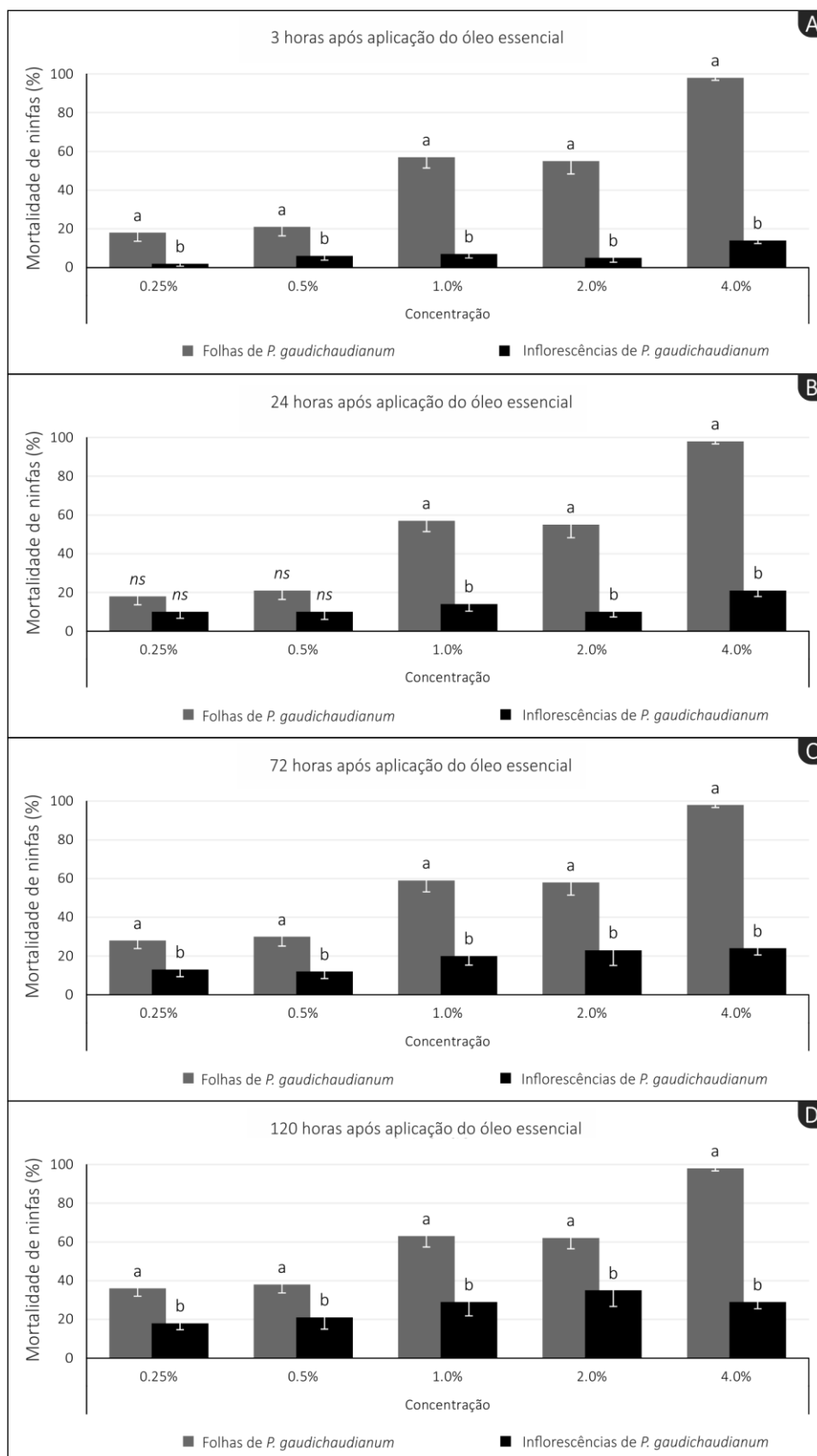


Figura 7.7. Comparação da porcentagem média ( $\pm$  erro padrão) de mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper gaudichaudianum*. Avaliações realizadas 3, 24, 72 e 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

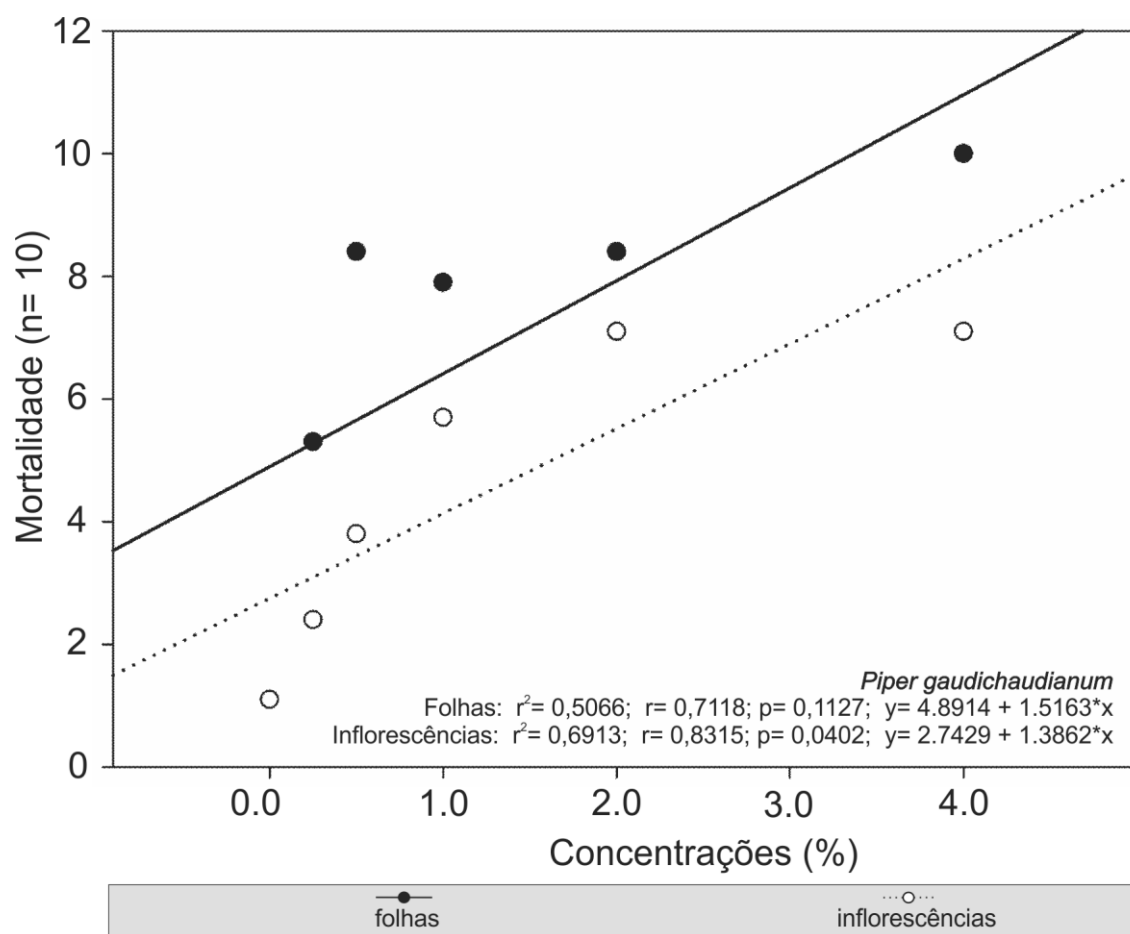


Figura 7.8. Regressão linear simples entre a mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* e as concentrações dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper gaudichaudianum* 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

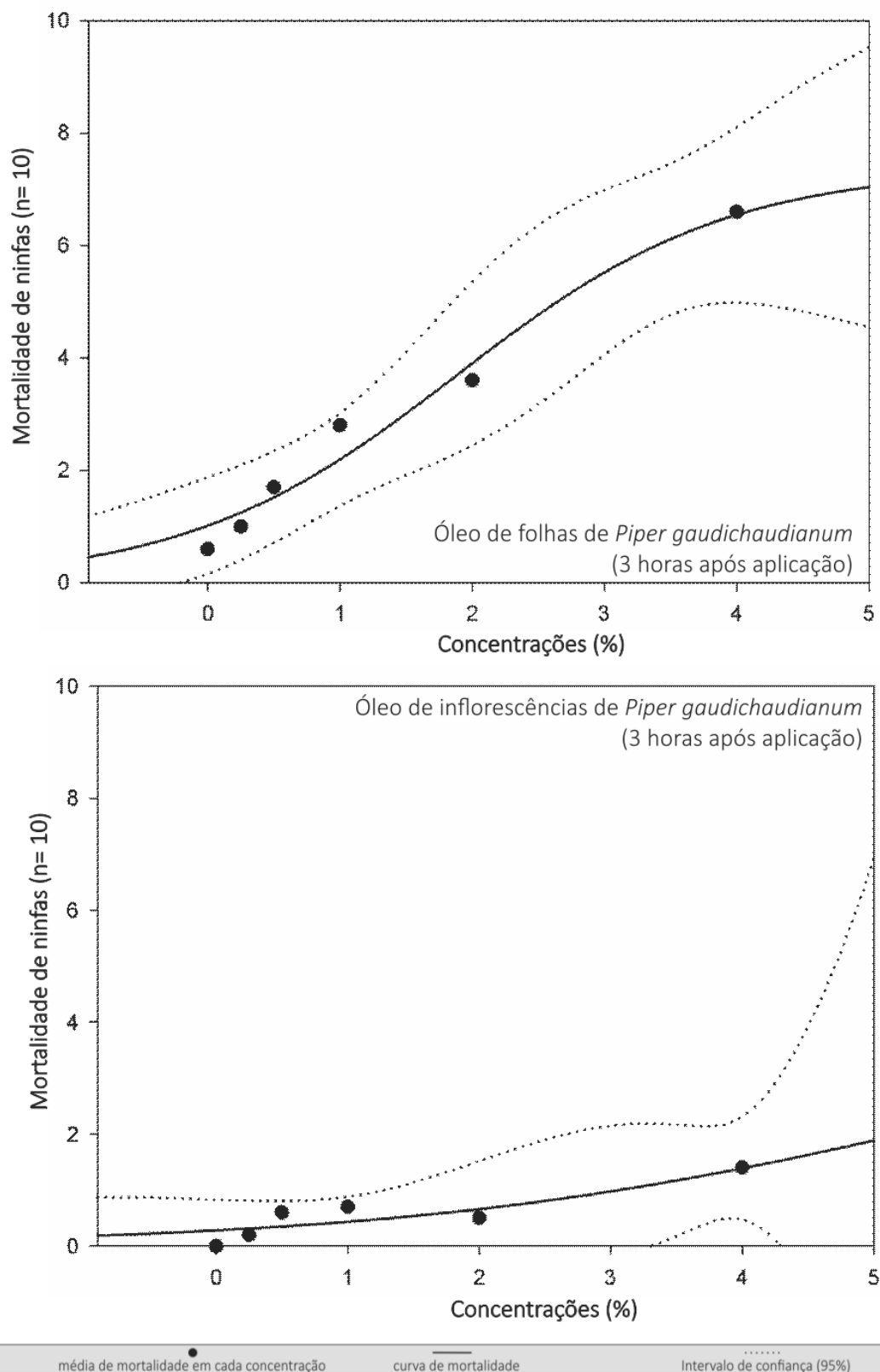


Figura 7.9. Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper gaudichaudianum*. Avaliações realizadas 3 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

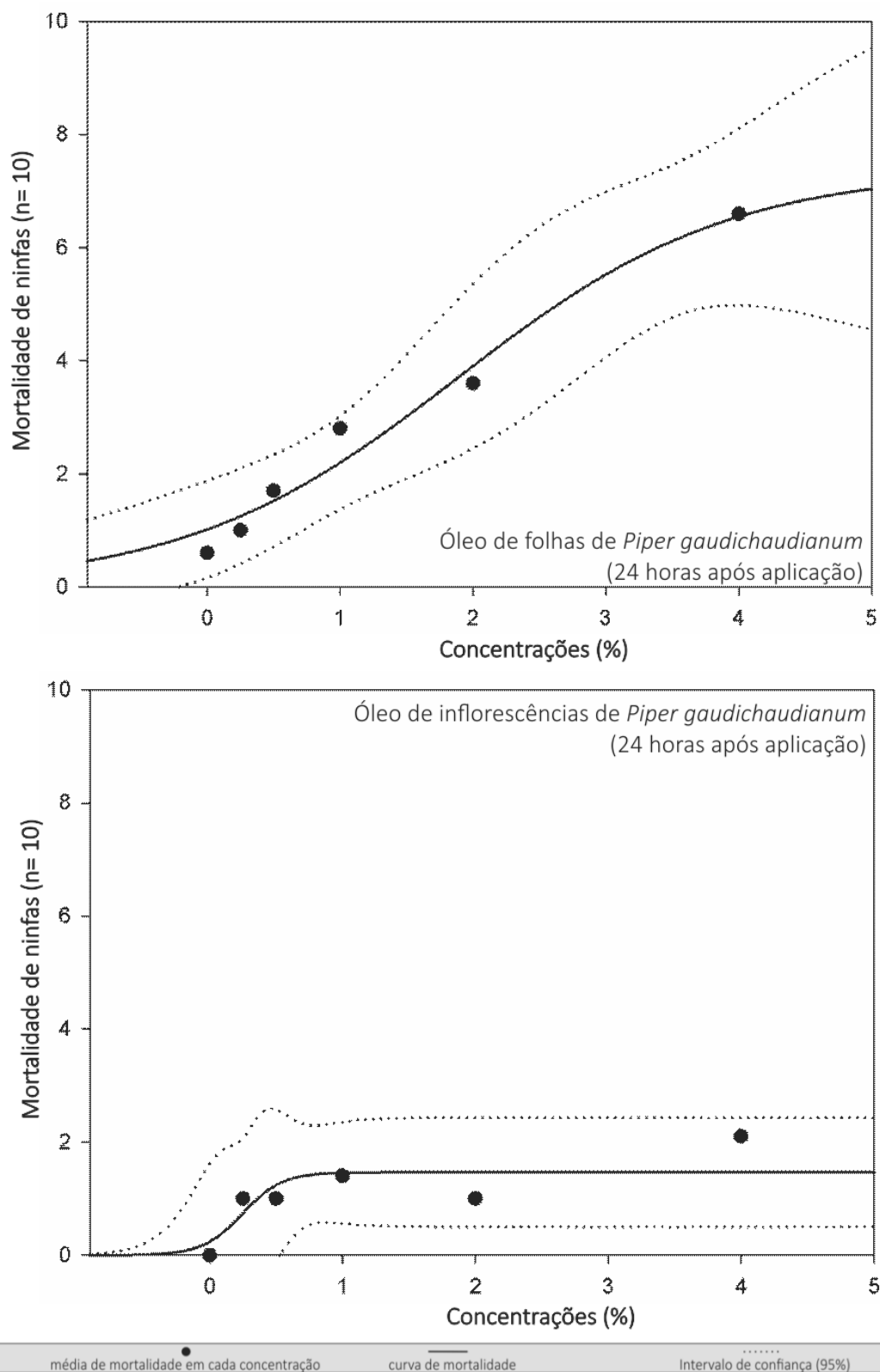


Figura 7.10. Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper gaudichaudianum*. Avaliações realizadas 24 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

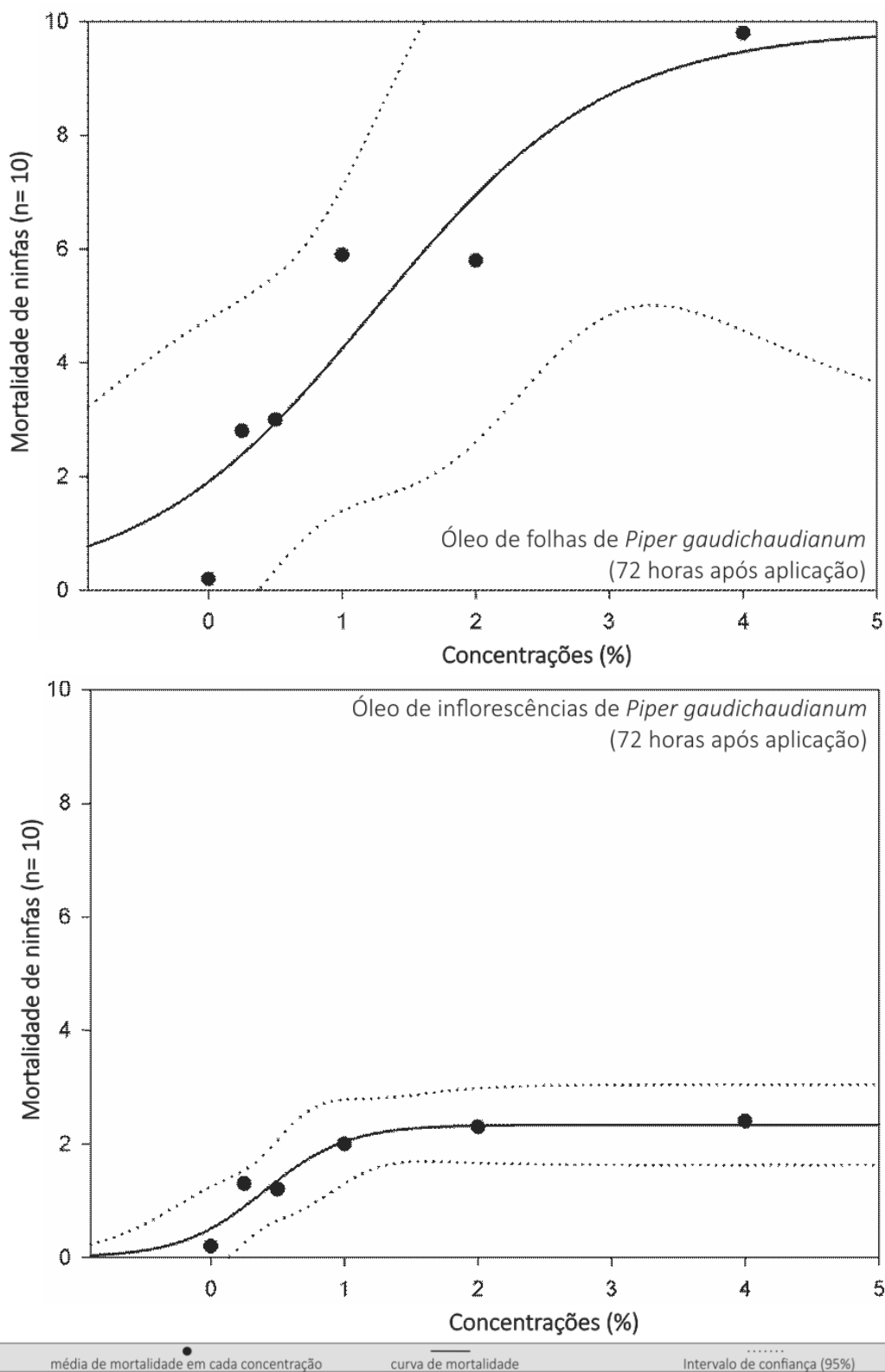


Figura 7.11. Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper gaudichaudianum*. Avaliações realizadas 72 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

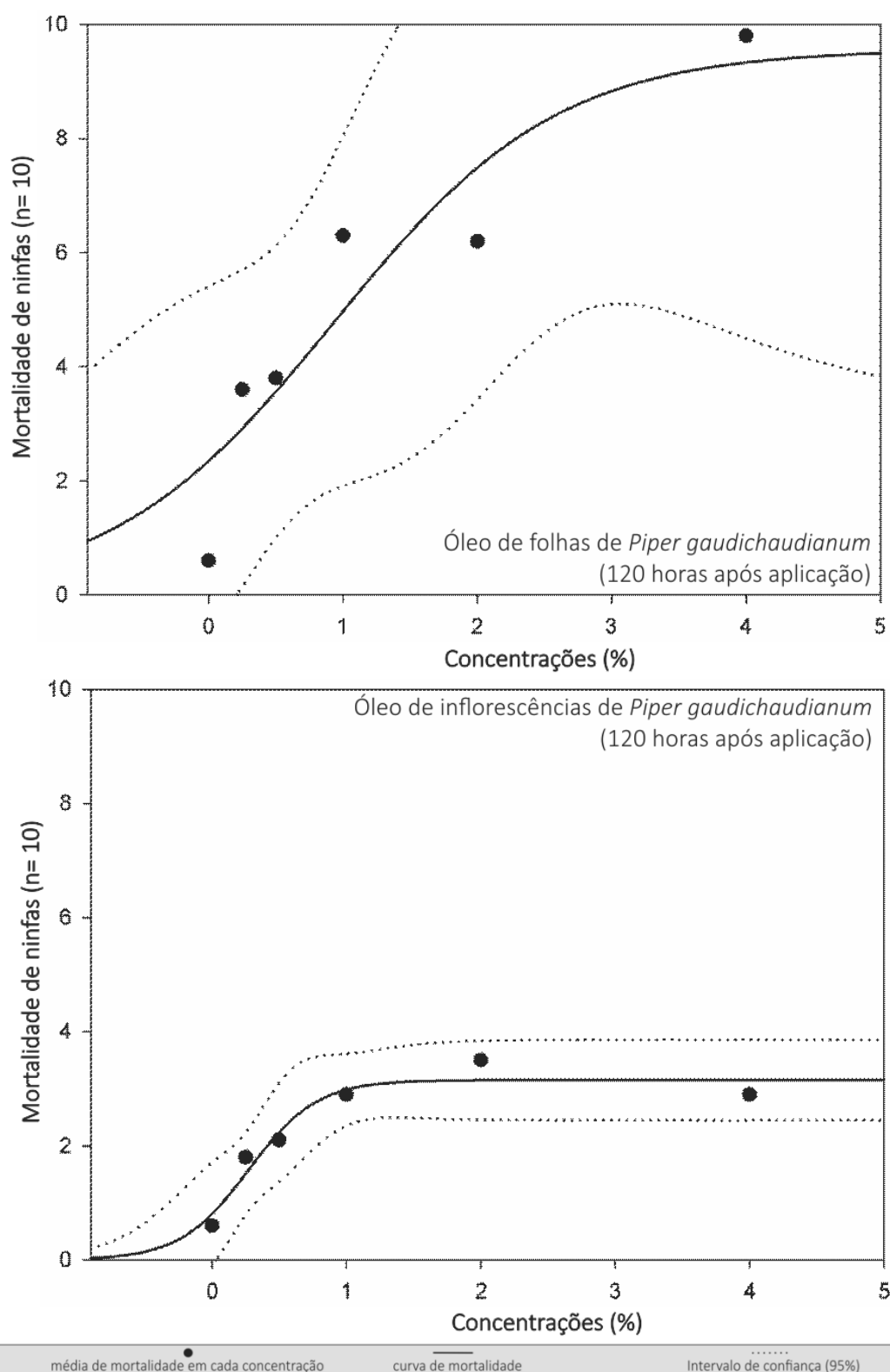


Figura 7.12. Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper gaudichaudianum*. Avaliações realizadas 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

*Piper malacophyllum*

Os óleos das folhas de *P. malacophyllum* apresentaram mortalidade de ninfas significativamente maior que os tratamentos controles a partir da concentração de 1%, embora a mortalidade só foi maior que 50% para a maior concentração em todos os períodos de tempos avaliados. O óleo das inflorescências apresentou diferenças significativas a partir da concentração de 0.5%, embora a porcentagem de mortalidade só foi maior que 50% após 120 HAA na maior concentração (4%) (Tabela 7.3).

Comparando o efeito entre os óleos das folhas e inflorescências, observa-se que não houve diferença significativa na maioria das comparações entre os óleos, com exceção da concentração de 0.5%, onde o óleo das inflorescências foi significativamente melhor em todos os períodos avaliados (Figura 7.13).

Embora não tenham sido observadas grandes diferenças entre os óleos essenciais de *P. malacophyllum*, as concentrações letais para matar 50% das ninfas (CL<sub>50</sub>) mostram que o óleo das folhas foi mais eficiente apresentando valores entre 3,1% e 3,6%, enquanto a maioria das CL<sub>50</sub> do óleo das inflorescências foi sempre maior que 4%, com exceção da avaliação feita 120 HAA, que apresentou CL<sub>50</sub> de 3,5% (Tabela 7.3).

As regressões lineares simples se ajustam aos resultados mostrando que apenas 34.7% e 31.6% da mortalidade de ninfas ocorreram devido as diferentes concentrações dos óleos de folhas e inflorescências de *P. malacophyllum* respectivamente (Figura 7.14). E as curvas de concentração-mortalidade reforçam os dados, pois as maiores inclinações foram observadas para os óleos essenciais das folhas (coeficiente angular= 3.90) do que nas curvas dos óleos das inflorescências (coeficiente angular= 3.29) (Figuras 7.14 – 7.18). Isto justifica a moderada correlação observada entre a mortalidade de ninfas com as concentrações dos óleos das folhas ( $r = 0.5891$ ) e inflorescências ( $r = 0.5625$ ) (Figura 7.14).



Tabela 7.3. Número e porcentagem média de mortalidade de ninfas ( $\pm$  erro padrão) após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper malacophyllum* sobre ninfas de 2º instar de *Tibraca limbativentris*.

Parte vegetal/ Concentração		Tempo após a aplicação do óleo essencial			
		3 horas	24 horas	72 horas	120 horas
Folhas	4.0 %	5.4 ± 0.5 a (54%)	5.9 ± 0.6 a (59%)	6.3 ± 0.6 a (63%)	6.6 ± 0.6 a (66%)
	2.0 %	2.4 ± 0.4 b (24%)	2.4 ± 0.4 b (24%)	3.1 ± 0.4 b (31%)	3.6 ± 0.4 b (36%)
	1.0 %	1.7 ± 0.4 b (17%)	1.9 ± 0.4 b (19%)	2.3 ± 0.4 b (23%)	2.8 ± 0.2 b (28%)
	0.5 %	0.6 ± 0.2 c (6%)	0.8 ± 0.2 c (8%)	1.3 ± 0.3 c (13%)	1.7 ± 0.4 c (17%)
	0.25 %	0.3 ± 0.1 c (3%)	0.6 ± 0.1 c (6%)	0.8 ± 0.1 c (8%)	1.0 ± 0.2 c (10%)
	Tween	0.0 ± 0.0 c (0%)	0.0 ± 0.0 c (0%)	0.2 ± 0.1 c (2%)	0.9 ± 0.3 c (9%)
	Água	0.0 ± 0.0 c (0%)	0.2 ± 0.2 c (2%)	0.4 ± 0.2 c (4%)	0.6 ± 0.2 c (6%)
	H	53.4025	48.86290	49.19903	47.40659
	p-valor	0.000	0.000	0.000	0.000
	CL <sub>50</sub>	3.629	3.397	3.082	3.103
IC	3.270-3.989	3.102-3.692	2.883-3.281	2.918-3.287	
Inflorescências	4.0 %	4.4 ± 0.4 a (44%)	4.5 ± 0.4 a (45%)	4.9 ± 0.5 a (49%)	5.2 ± 0.5 a (52%)
	2.0 %	2.0 ± 0.5 b (20%)	2.0 ± 0.5 b (20%)	2.4 ± 0.5 b (24%)	2.9 ± 0.6 b (29%)
	1.0 %	1.4 ± 0.3 b (14%)	1.4 ± 0.3 b (14%)	2.5 ± 0.5 b (25%)	4.3 ± 0.5 a (43%)
	0.5 %	2.1 ± 0.3 b (21%)	2.1 ± 0.3 b (21%)	2.6 ± 0.2 b (26%)	3.7 ± 0.5 b (37%)
	0.25 %	0.2 ± 0.1 c (2%)	0.5 ± 0.3 c (5%)	0.5 ± 0.3 c (5%)	1.0 ± 0.5 c (10%)
	Tween	0.0 ± 0.0 c (0%)	0.0 ± 0.0 c (0%)	0.2 ± 0.1 c (2%)	0.9 ± 0.3 c (9%)
	Água	0.0 ± 0.0 c (0%)	0.2 ± 0.2 c (2%)	0.4 ± 0.2 c (4%)	0.6 ± 0.2 c (6%)
	H	50.98648	45.80886	46.98689	42.87603
	p-valor	0.000	0.000	0.000	0.000
	CL <sub>50</sub>	4.565	4.528	4.016	3.544
IC	4.195-4.935	4.182-4.875	3.791-4.242	3.443-3.645	

<sup>1</sup>Porcentagens médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem pelo teste <sup>2</sup>Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ).

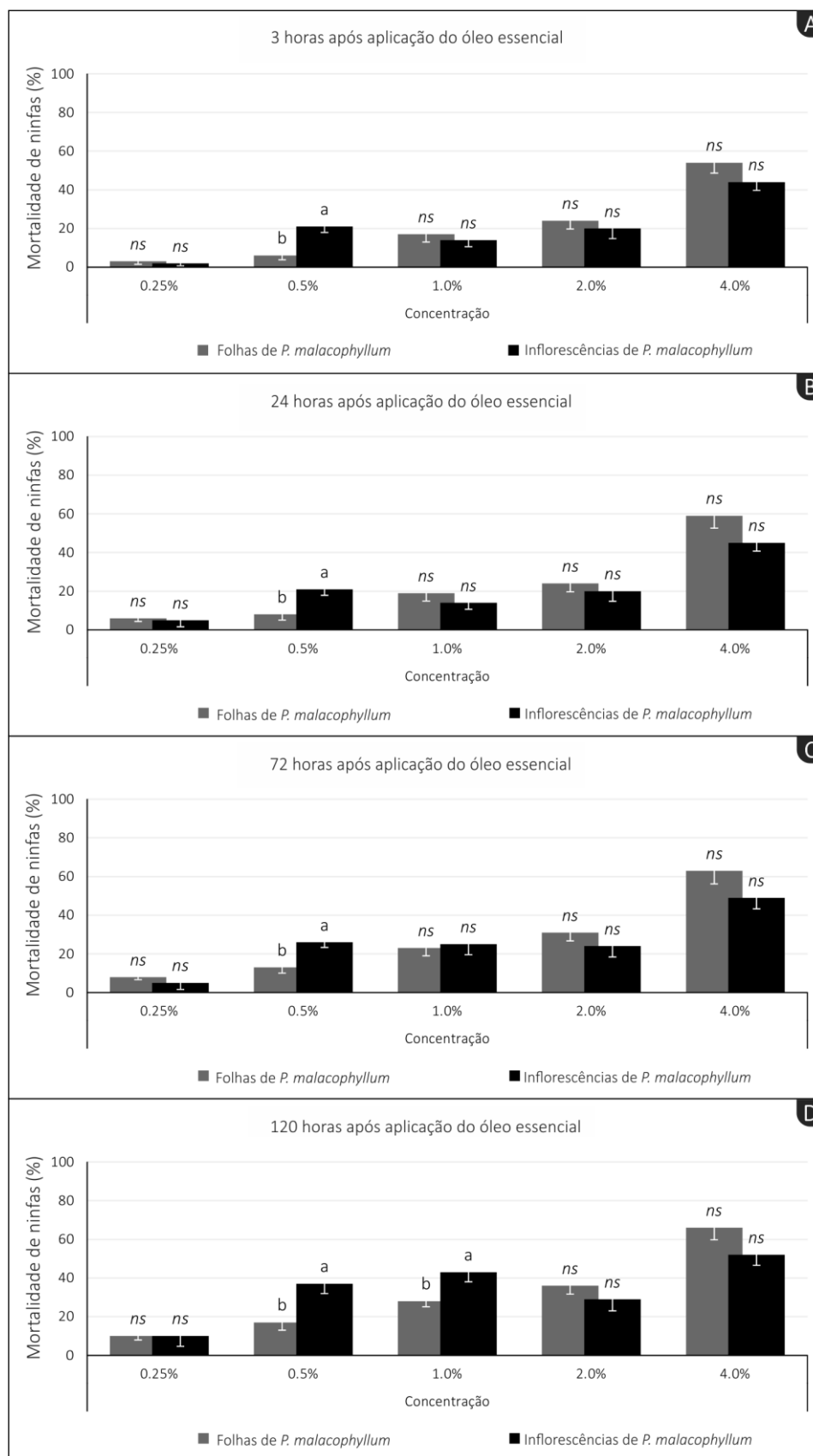


Figura 7.13. Comparação da porcentagem média ( $\pm$  erro padrão) de mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper malacophyllum*. Avaliações realizadas 3, 24, 72 e 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

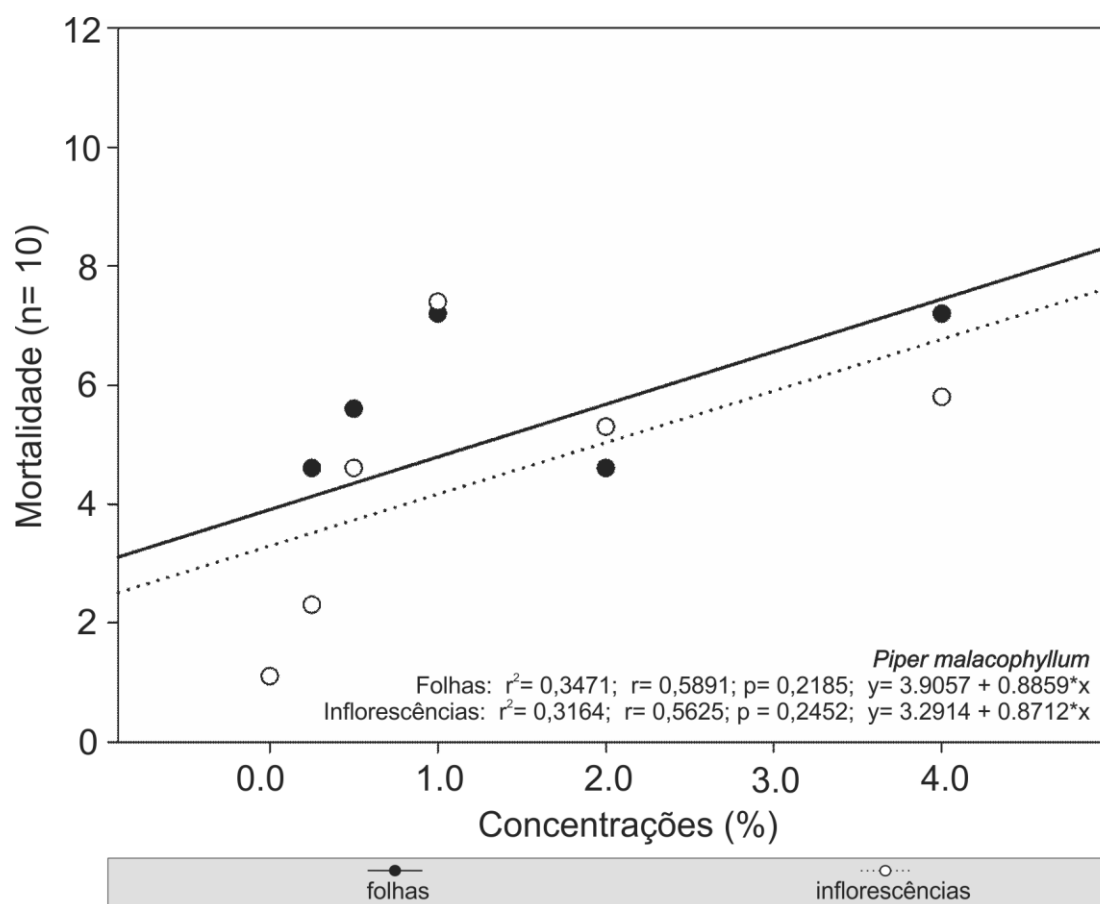


Figura 7.14. Regressão linear simples entre a mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* e as concentrações dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper malacophyllum*. Avaliação realizada 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

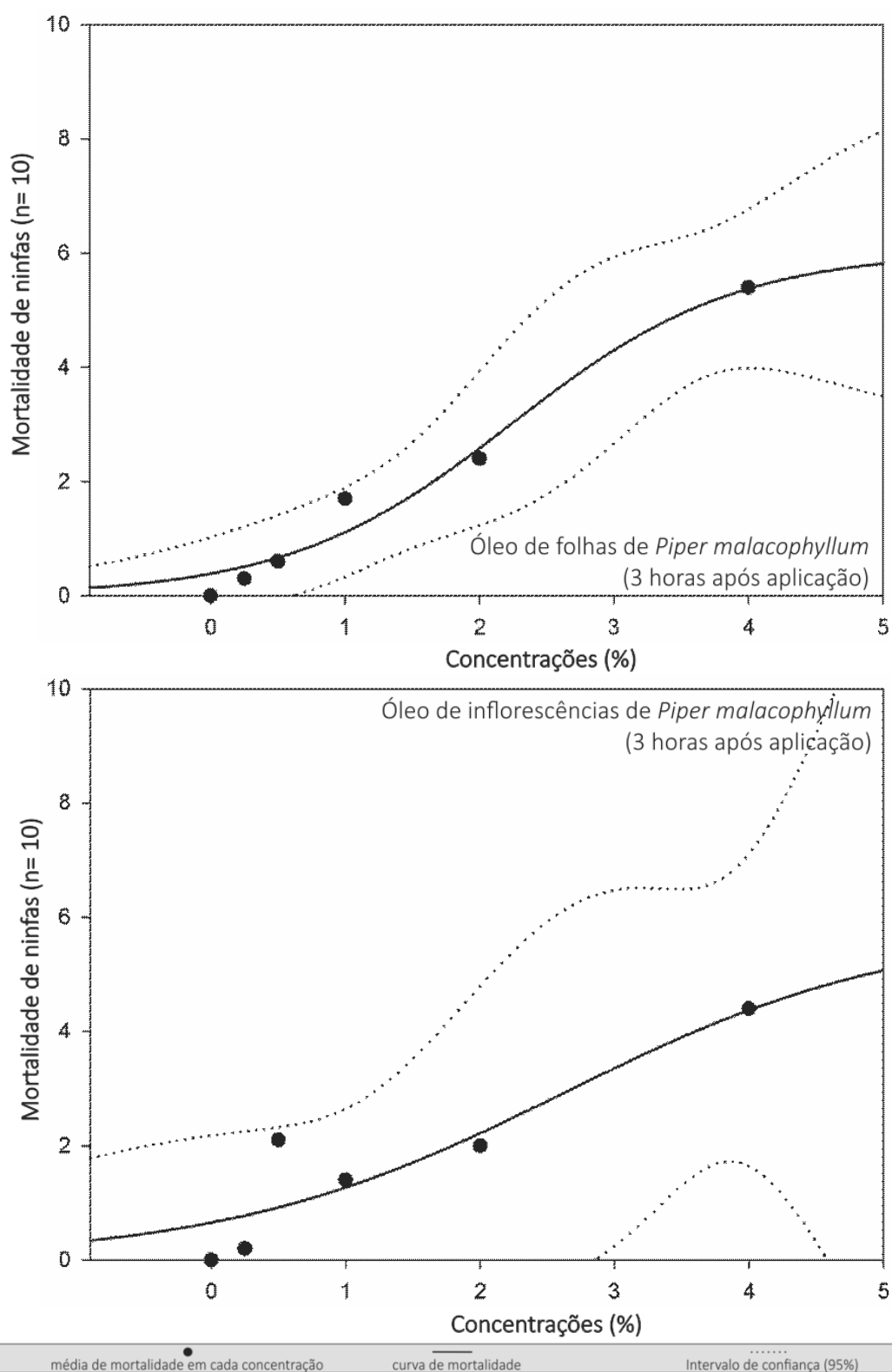


Figura 7.15. Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper malacophyllum*. Avaliações realizadas 3 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

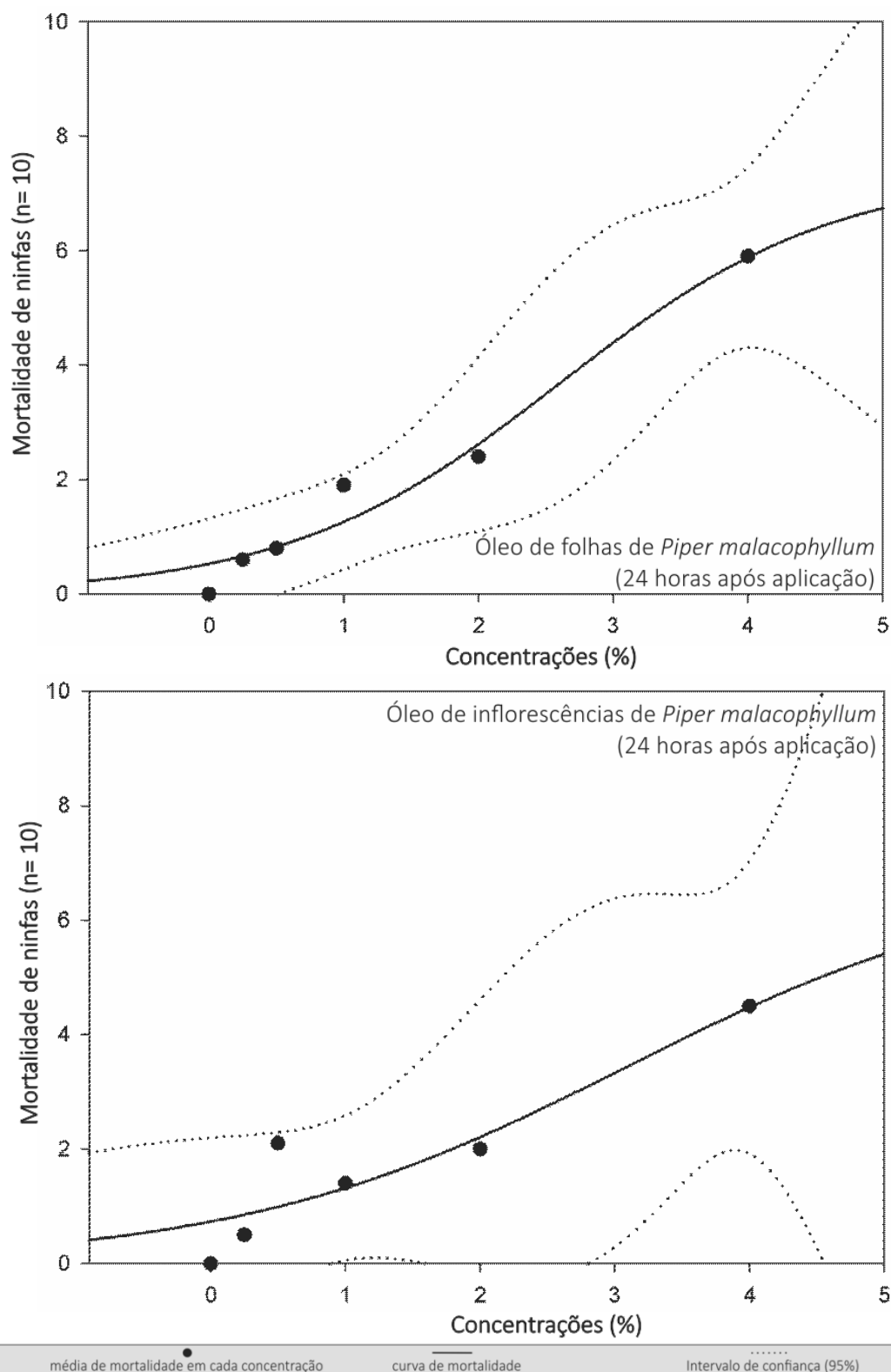


Figura 7.16. Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper malacophyllum*. Avaliações realizadas 24 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

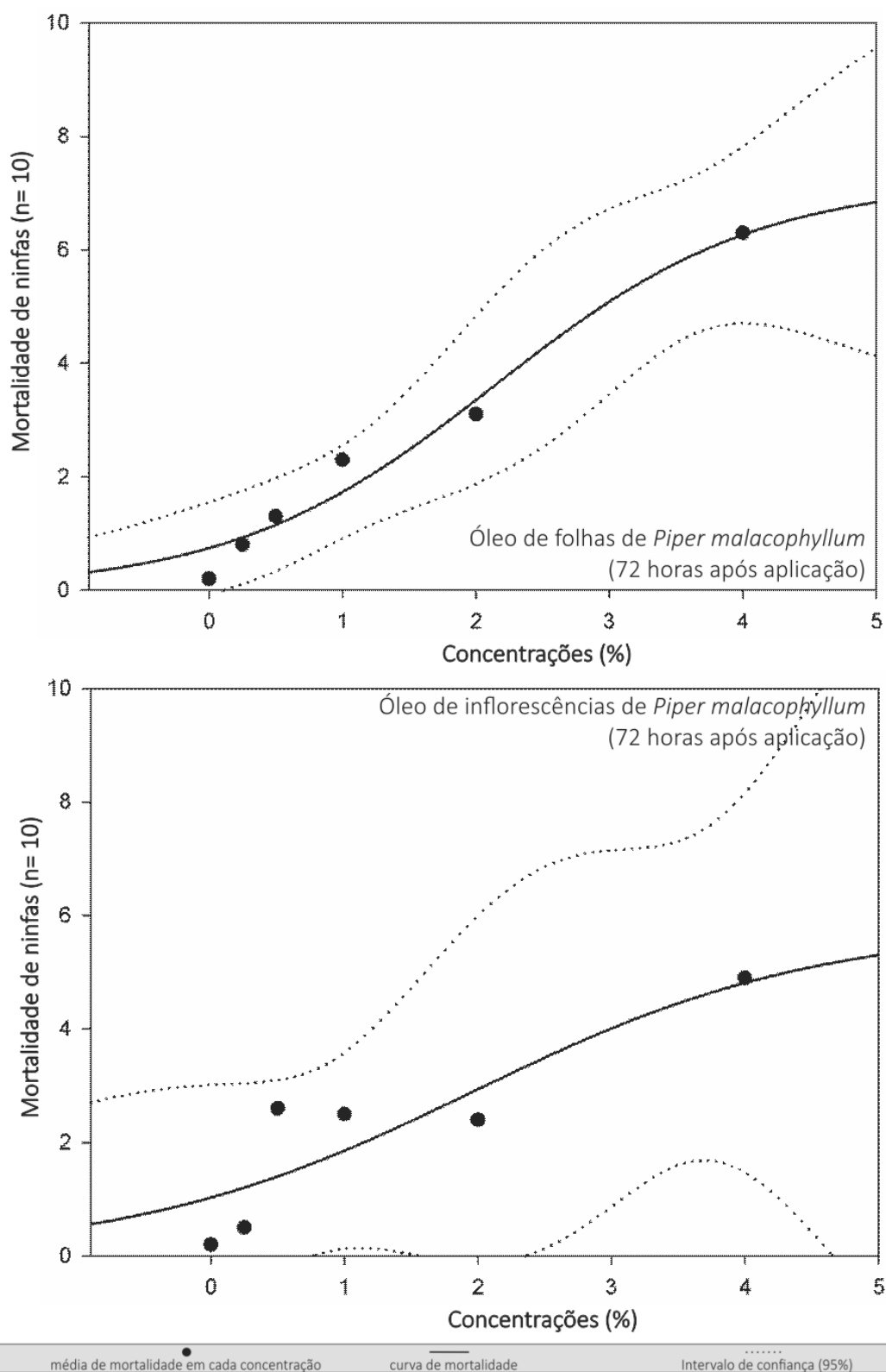


Figura 7.17. Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper malacophyllum*. Avaliações realizadas 72 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

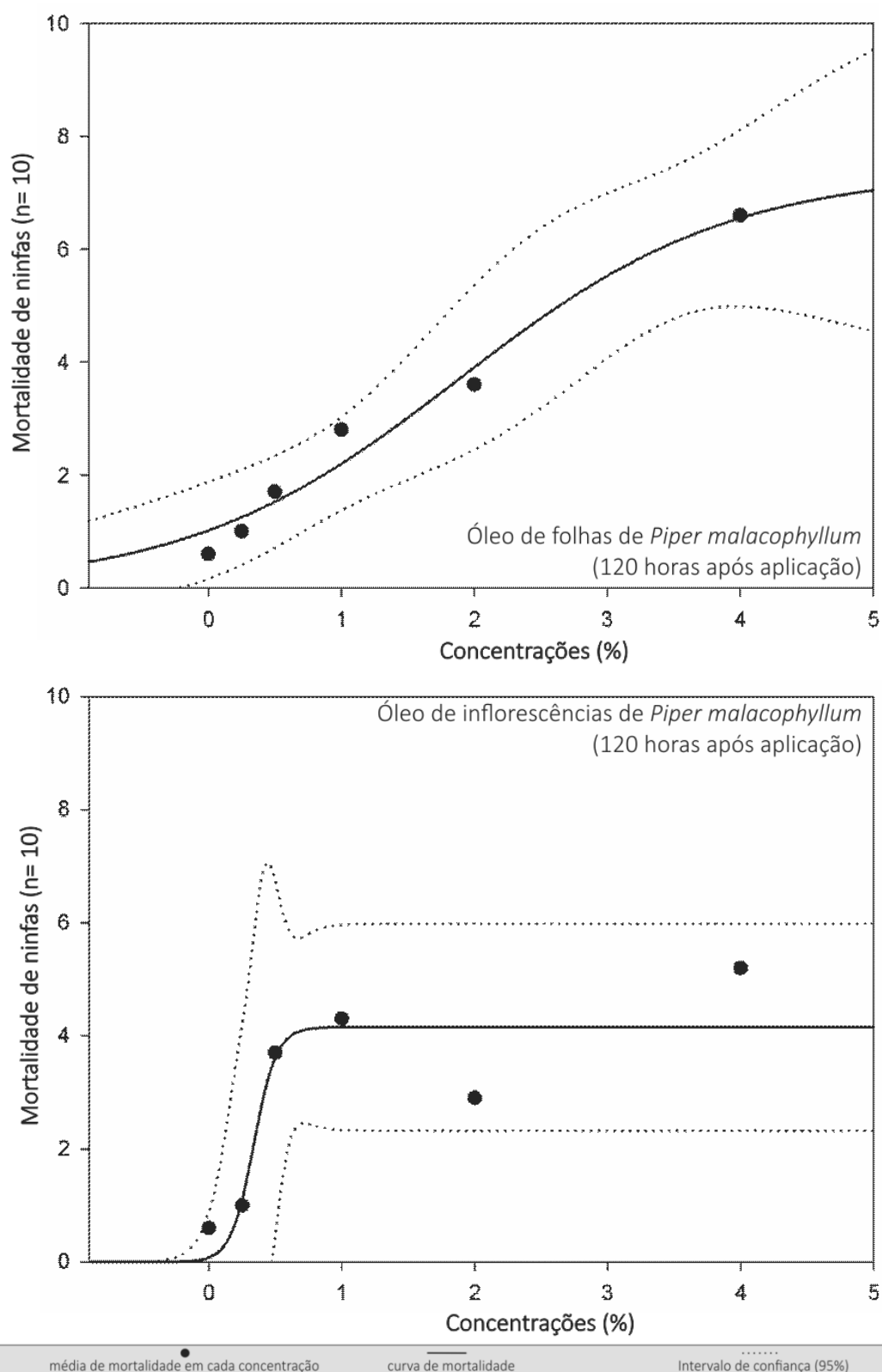


Figura 7.18. Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper malacophyllum*. Avaliações realizadas 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

### *Piper marginatum*

Os óleos das folhas de *P. marginatum* apresentaram mortalidade de ninfas significativamente maior que os tratamentos controles a partir da concentração de 1% e com valores superiores a 64% na avaliação feita 3 HAA e chegando a 96% na avaliação 120 HAA, ambos para a maior concentração. O óleo das inflorescências apresentou o mesmo padrão, embora a mortalidade de ninfas não tenha passado dos 81% (Tabela 7.4). Ao comparar o efeito entre as partes vegetais de *P. marginatum*, observa-se que o óleo das inflorescências foi mais eficiente do que o das folhas apenas na avaliação feita 3 HAA para as concentrações de 1% e 2%, não apresentando diferenças significativas entre os óleos para as outras concentrações e nem para a avaliação realizada 24 HAA. Já a partir de 72 e 120 HAA, o óleo das folhas foi mais eficiente do que o das inflorescências em todas as concentrações (Figura 7.19).

Esse padrão também pode ser observado ao comparar as  $CL_{50}$  de ambos os óleos, onde o óleo das inflorescências apresentou a menor  $CL_{50}$  apenas na avaliação realizada 3 HAA, e a partir de 24 HAA as  $CL_{50}$  das folhas sempre apresentaram menores valores do que as inflorescências (Tabela 7.4).

Embora as folhas apresentassem maiores valores de mortalidade de ninfas de *T. limbativentris*, estes dados não se ajustam completamente com as regressões lineares, que mostram que apenas 44.6% da mortalidade de ninfas ocorreu devido às diferentes concentrações dos óleos de folhas, enquanto que o óleo das inflorescências de *P. marginatum* foi responsável por 74.4% da mortalidade. Além disso, a correlação entre a mortalidade e as concentrações dos óleos foi mais forte para as inflorescências ( $r= 0.8629$ ) do que para as folhas ( $r= 0.6679$ ) (Figura 7.20). Já as curvas de concentração-mortalidade reforçam os melhores resultados apresentados com a aplicação dos óleos das folhas (coeficiente angular= 5.32), pois as maiores inclinações foram observadas para este óleo, do que o obtido das inflorescências (coeficiente angular= 2.92) (Figuras 7.21 - 7.24).



Tabela 7.4. Número e porcentagem média de mortalidade de ninfas ( $\pm$  erro padrão) após diferentes tempos de aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper marginatum* sobre ninfas de 2º instar de *Tibraca limbativentris*.

Parte vegetal/ Concentração	Tempo após a aplicação do óleo essencial			
	3 horas	24 horas	72 horas	120 horas
Folhas	4.0 %	6.4 $\pm$ 0.4 a (64%)	8.9 $\pm$ 0.2 a (89%)	9.6 $\pm$ 0.2 a (96%)
	2.0 %	3.2 $\pm$ 0.3 b (32%)	5.9 $\pm$ 0.5 ab (59%)	7.3 $\pm$ 0.5 ab (73%)
	1.0 %	2.0 $\pm$ 0.2 abc (20%)	4.8 $\pm$ 0.3 ab (48%)	6.8 $\pm$ 0.4 ab (68%)
	0.5 %	0.8 $\pm$ 0.1 bcd (8%)	2.3 $\pm$ 0.4 bc (23%)	4.6 $\pm$ 0.4 bc (46%)
	0.25 %	0.4 $\pm$ 0.1 cd (4%)	2.0 $\pm$ 0.4 bc (20%)	3.3 $\pm$ 0.5 bc (33%)
	Tween	0.0 $\pm$ 0.0 d (0%)	0.2 $\pm$ 0.2 c (624%)	0.4 $\pm$ 0.2 c (4%)
	Água	0.0 $\pm$ 0.0 d (0%)	0.0 $\pm$ 0.0 c (0%)	0.2 $\pm$ 0.1 c (2%)
	H	62.582	61.345	60.765
	p-valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	CL <sub>50</sub>	3.037	1.811	1.166
Inflorescências	4.0 %	6.9 $\pm$ 0.6 a (69%)	7.6 $\pm$ 0.5 a (76%)	8.0 $\pm$ 0.4 a (80%)
	2.0 %	4.6 $\pm$ 0.4 ab (46%)	5.0 $\pm$ 0.4 ab (50%)	5.5 $\pm$ 0.4 ab (55%)
	1.0 %	4.0 $\pm$ 0.4 abc (40%)	4.3 $\pm$ 0.4 ab (43%)	4.9 $\pm$ 0.6 ab (49%)
	0.5 %	1.7 $\pm$ 0.4 bcd (17%)	2.9 $\pm$ 0.5 abc (29%)	3.4 $\pm$ 0.5 abc (34%)
	0.25 %	0.7 $\pm$ 0.2 cd (7%)	1.4 $\pm$ 0.5 bc (14%)	1.5 $\pm$ 0.5 bc (15%)
	Tween	0.0 $\pm$ 0.0 d (0%)	0.2 $\pm$ 0.2 c (64%)	0.4 $\pm$ 0.2 c (4%)
	Água	0.0 $\pm$ 0.0 d (0%)	0.0 $\pm$ 0.0 c (0%)	0.2 $\pm$ 0.1 c (2%)
	H	59.314	56.815	55.441
	p-valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	CL <sub>50</sub>	2.510	2.171	1.935
	IC	2.409-2.611	2.125-2.218	1.901-1.969
				1.672-1.752

<sup>1</sup>Porcentagens médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem pelo teste

<sup>2</sup>Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ).

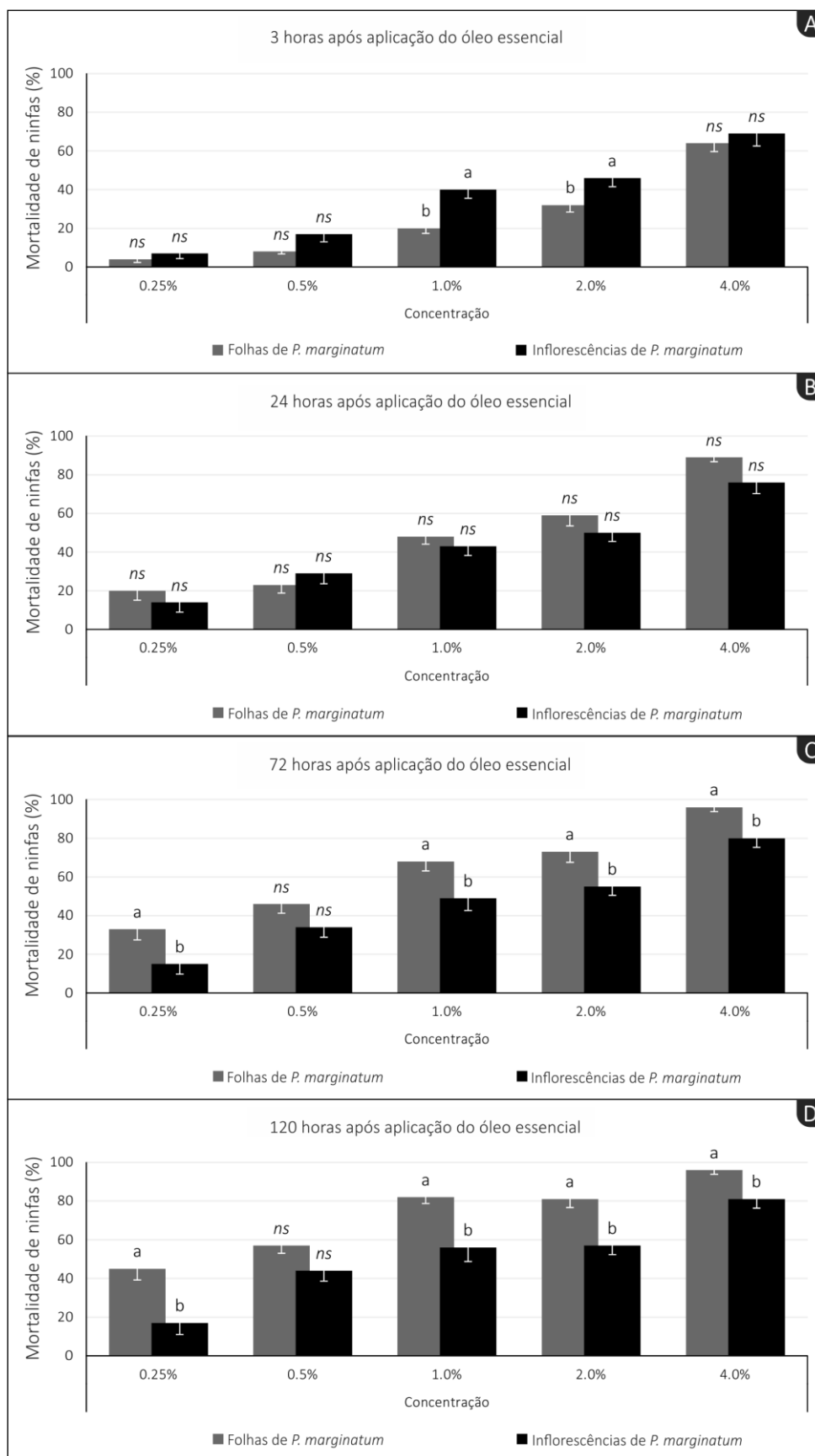


Figura 7.19. Comparação da porcentagem média ( $\pm$  erro padrão) de mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper marginatum*. Avaliações realizadas 3, 24, 72 e 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

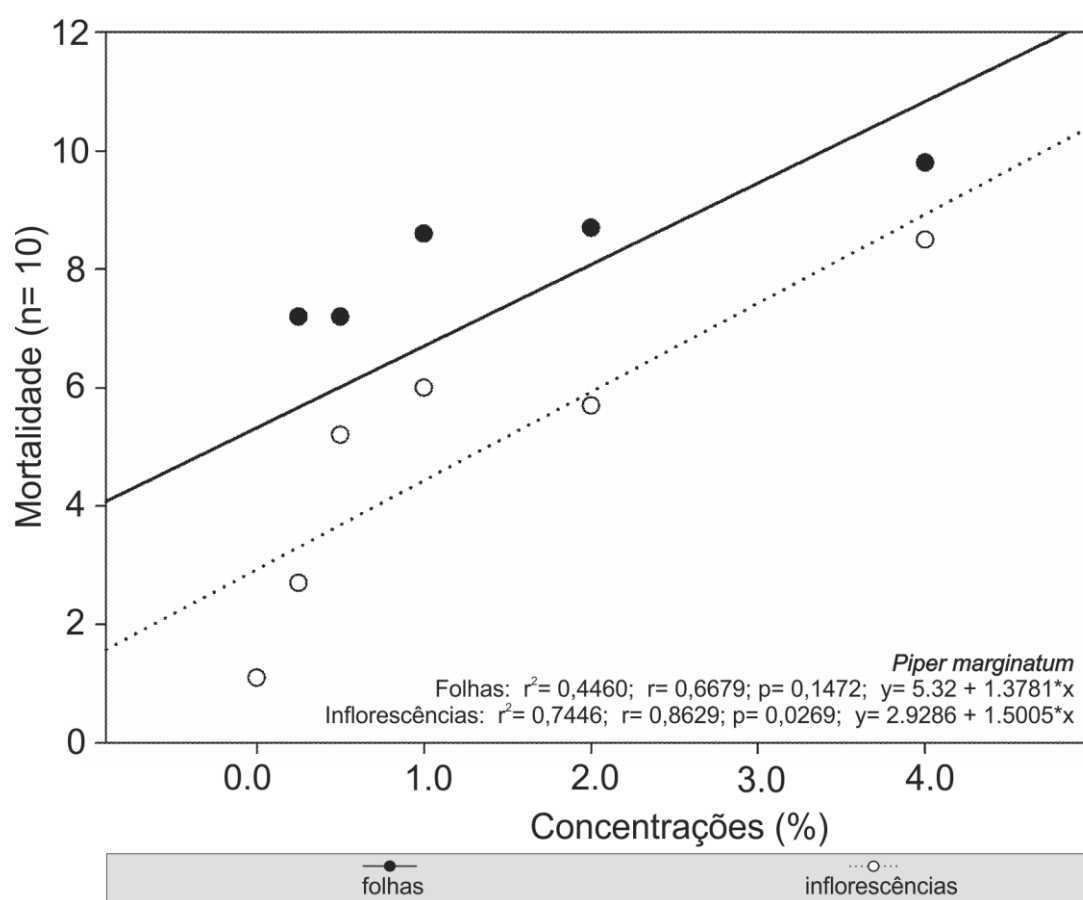


Figura 7.20. Regressão linear simples entre a mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* e as concentrações dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper marginatum*. Avaliação realizada 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

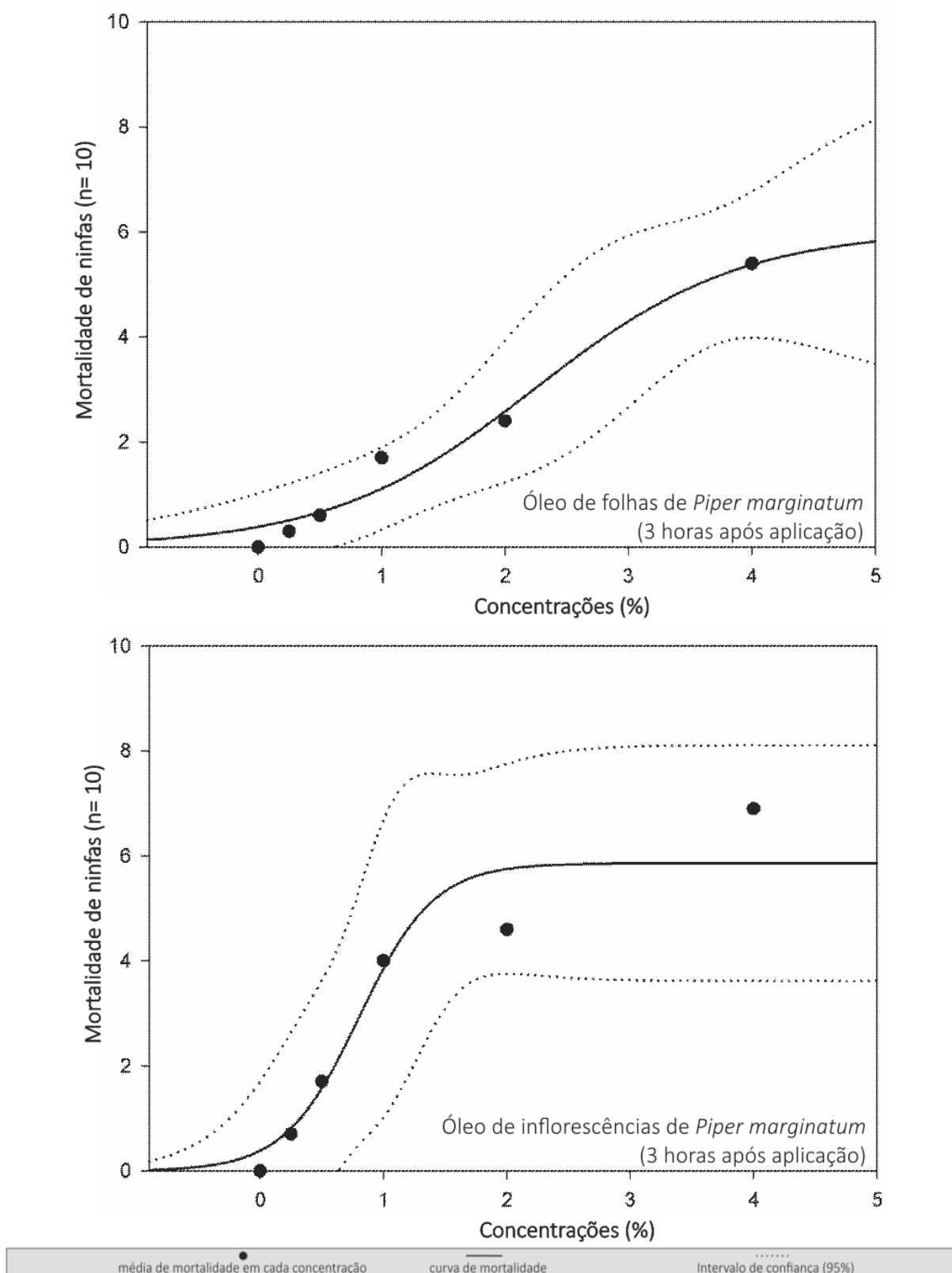


Figura 7.21. Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper marginatum*. Avaliações realizadas 3 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

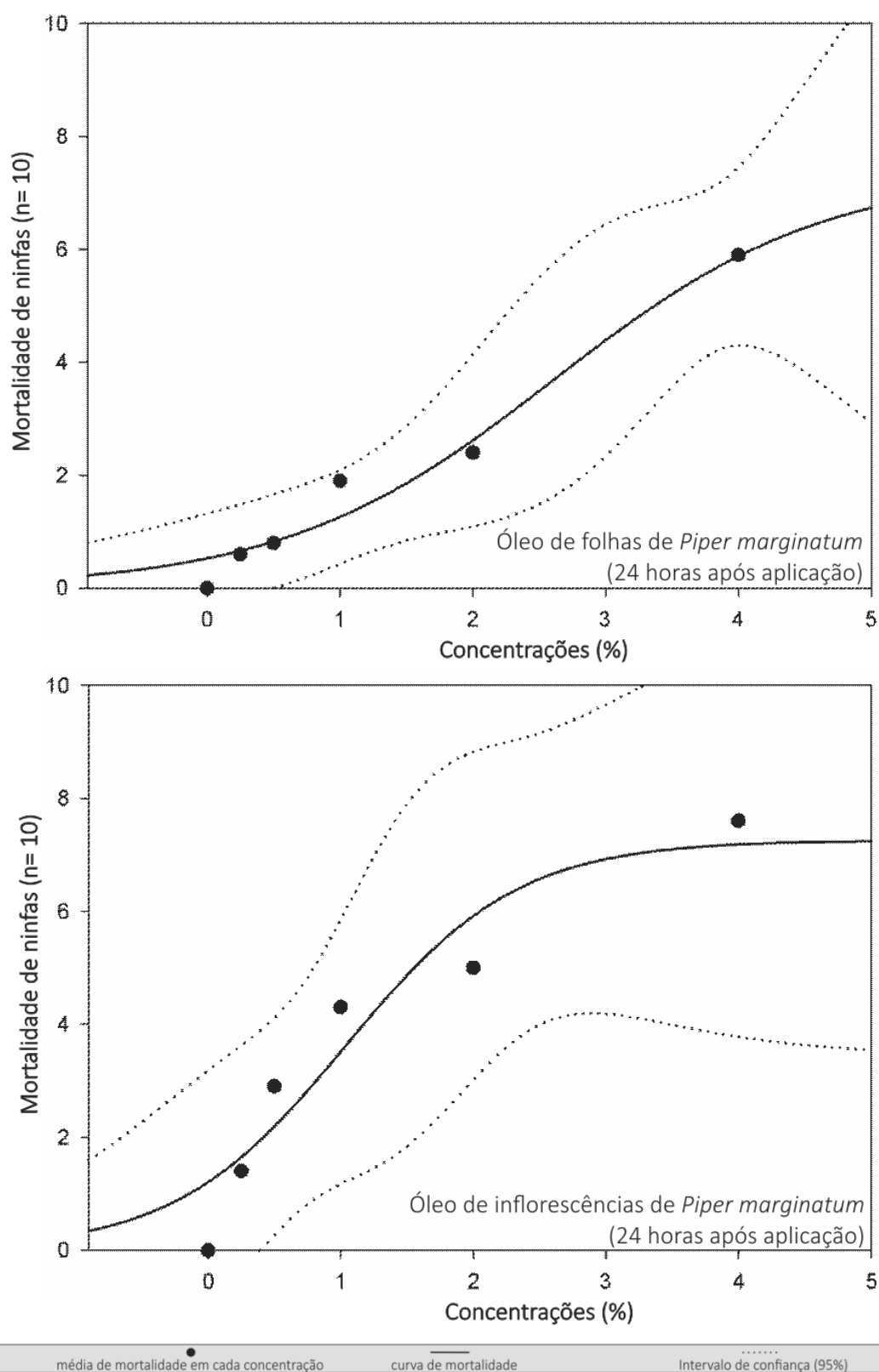


Figura 7.22. Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper marginatum*. Avaliações realizadas 24 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

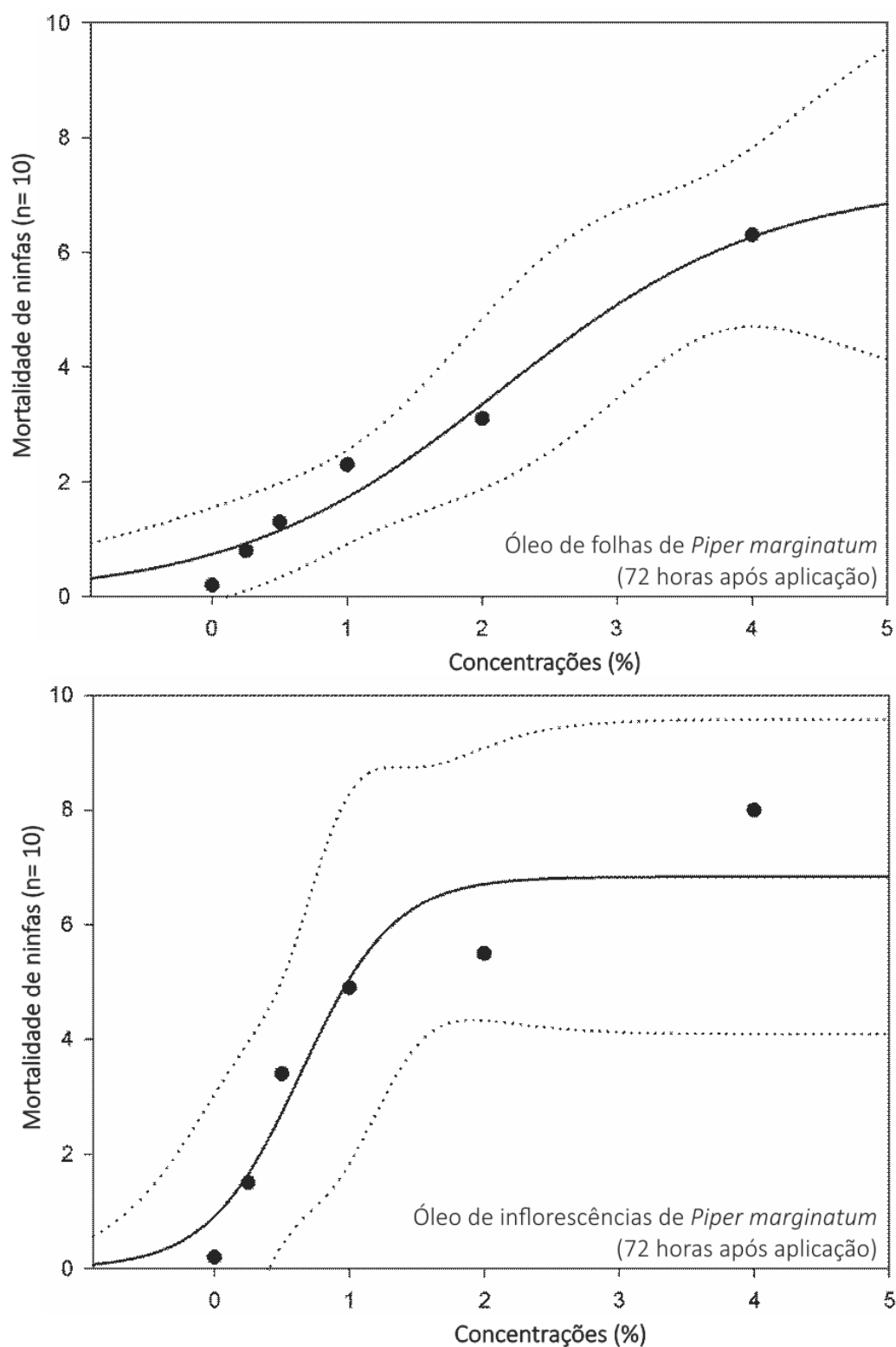


Figura 7.23. Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper marginatum*. Avaliações realizadas 72 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

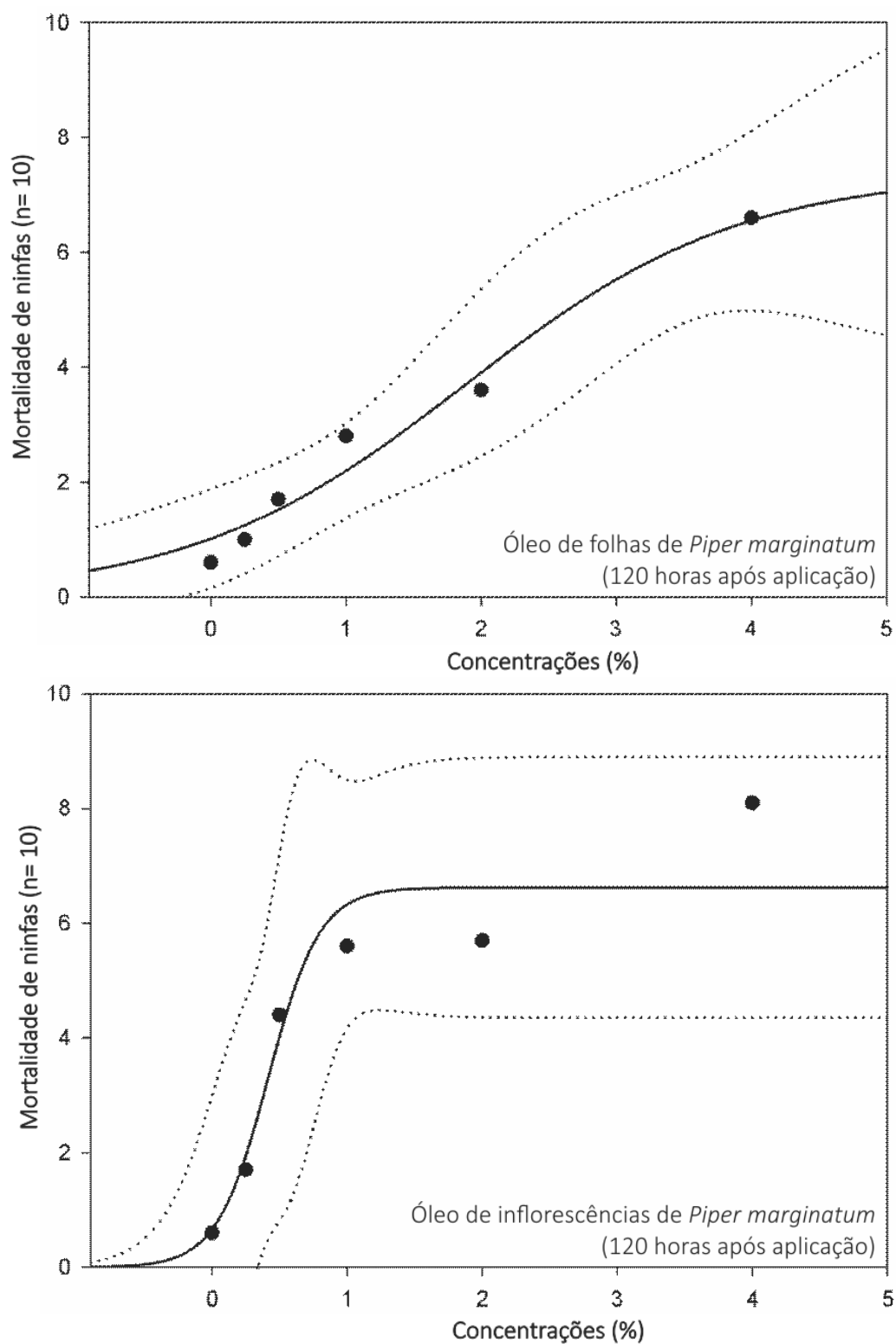


Figura 7.24. Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas e inflorescências de *Piper marginatum*. Avaliações realizadas 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

*Piper tuberculatum*

Como observado nos óleos das folhas das outras espécies de *Piper*, *P. tuberculatum* apresentou mortalidade de ninfas significativamente maior que os tratamentos controle a partir da concentração de 1% com valores de 51% de mortalidade na avaliação feita 3 HAA. Esse padrão se manteve nas outras avaliações chegando a 89% de mortalidade na avaliação 120 HAA para a maior concentração. As CL<sub>50</sub> diminuíram com o tempo de aplicação do óleo das folhas (Tabela 7.5).

As regressões lineares mostram que 70.9% da mortalidade de ninfas ocorreu devido às diferentes concentrações dos óleos das folhas de *P. tuberculatum*. Além disso, houve forte correlação entre a mortalidade e as concentrações do óleo das folhas ( $r = 0.8421$ ) (Figura 7.25). As curvas de concentração-mortalidade foram similares aos resultados apresentados com a aplicação dos óleos das folhas das outras espécies de *Piper* (coeficiente angular = 3.42) (Figuras 7.26 – 7.27).

Tabela 7.5. Número e porcentagem média de mortalidade de ninfas ( $\pm$  erro padrão) após diferentes tempos de aplicação dos óleos essenciais de folhas de *Piper tuberculatum* sobre ninfas de 2º instar de percevejos *Tibraca limbativentris*.

Parte vegetal/ Concentração		Tempo após a aplicação do óleo essencial			
		3 horas	24 horas	72 horas	120 horas
Folhas	4.0 %	8.2 ± 0.4 a (82%)	8.8 ± 0.4 a (88%)	8.9 ± 0.4 a (89%)	8.9 ± 0.4 a (89%)
	2.0 %	5.1 ± 0.5 ab (51%)	6.1 ± 0.4 ab (61%)	6.8 ± 0.4 ab (68%)	7.0 ± 0.4 ab (70%)
	1.0 %	5.1 ± 0.4 ab (51%)	6.4 ± 0.3 ab (64%)	6.6 ± 0.3 ab (66%)	6.9 ± 0.3 ab (69%)
	0.5 %	1.9 ± 0.3 bc (19%)	2.9 ± 0.4 bc (29%)	3.2 ± 0.4 bc (32%)	3.7 ± 0.4 bc (37%)
	0.25 %	1.4 ± 0.4 bc (14%)	1.8 ± 0.4 bc (18%)	2.3 ± 0.4 bc (23%)	2.9 ± 0.4 bc (29%)
	Tween	0.0 ± 0.0 c (0%)	0.2 ± 0.2 c (0%)	0.4 ± 0.2 c (4%)	0.9 ± 0.3 c (9%)
	Água	0.0 ± 0.0 c (0%)	0.0 ± 0.0 c (0%)	0.2 ± 0.1 c (2%)	0.6 ± 0.2 c (6%)
	H	61.308	62.340	61.766	59.476
	p-valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	CL <sub>50</sub>	2.042	1.662	1.495	1.318
IC		1.996-2.088	1.582-1.741	1.391-1.599	1.206-1.430

<sup>1</sup>Porcentagens médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem pelo teste <sup>2</sup>Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ).



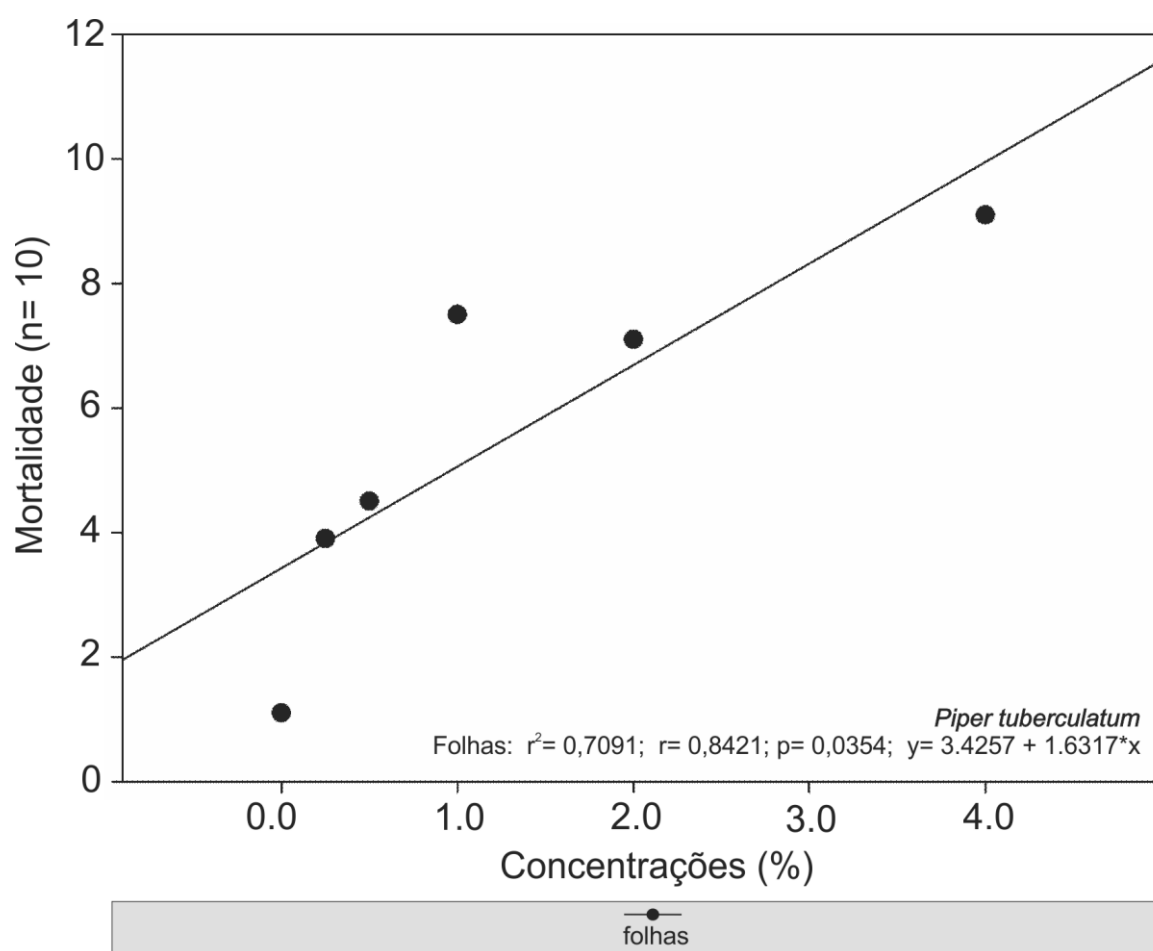


Figura 7.25. Regressão linear simples entre a mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* e as concentrações dos óleos essenciais de folhas de *Piper tuberculatum* 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

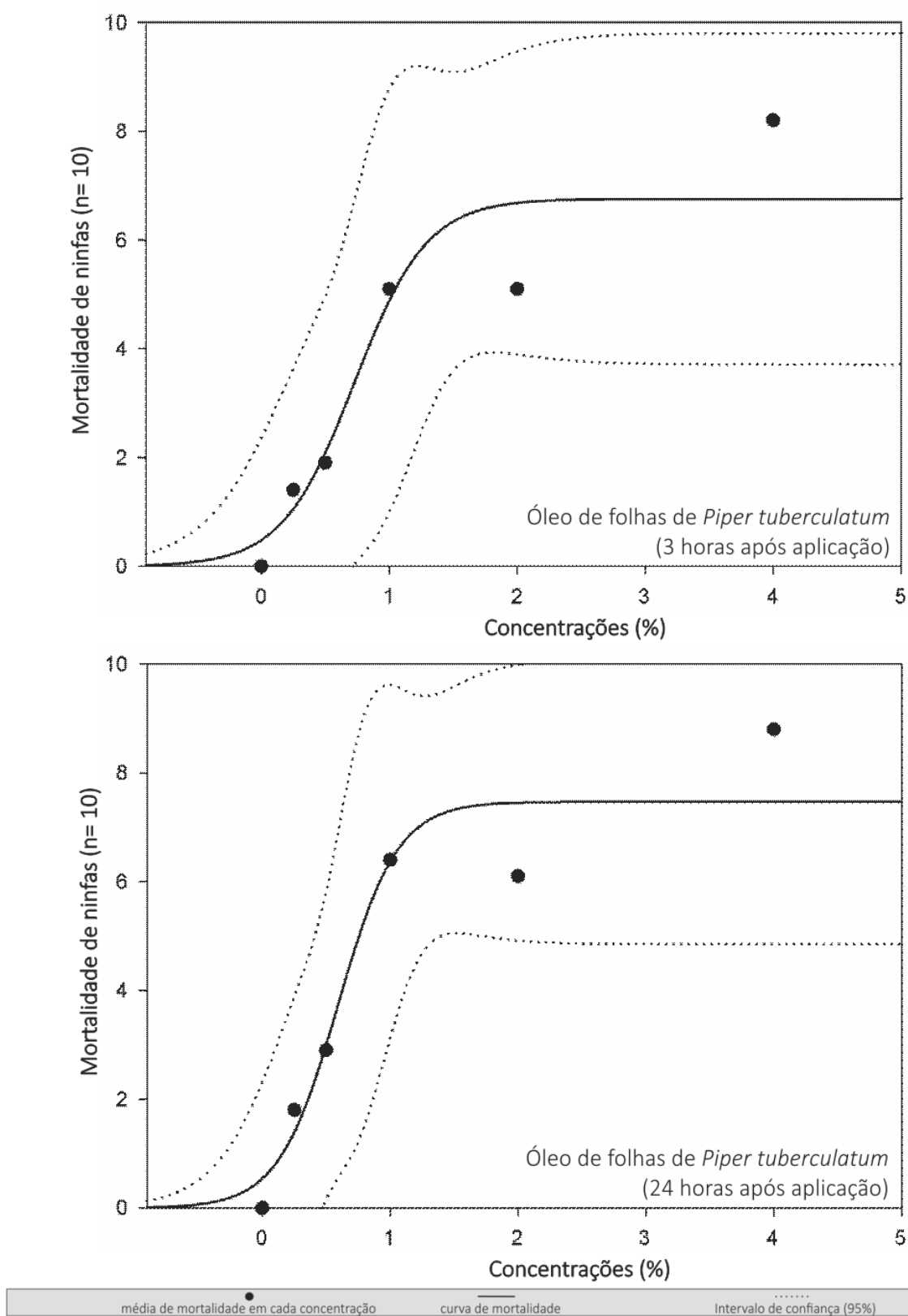


Figura 7.26. Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas de *Piper tuberculatum*. Avaliações realizadas 3 e 24 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

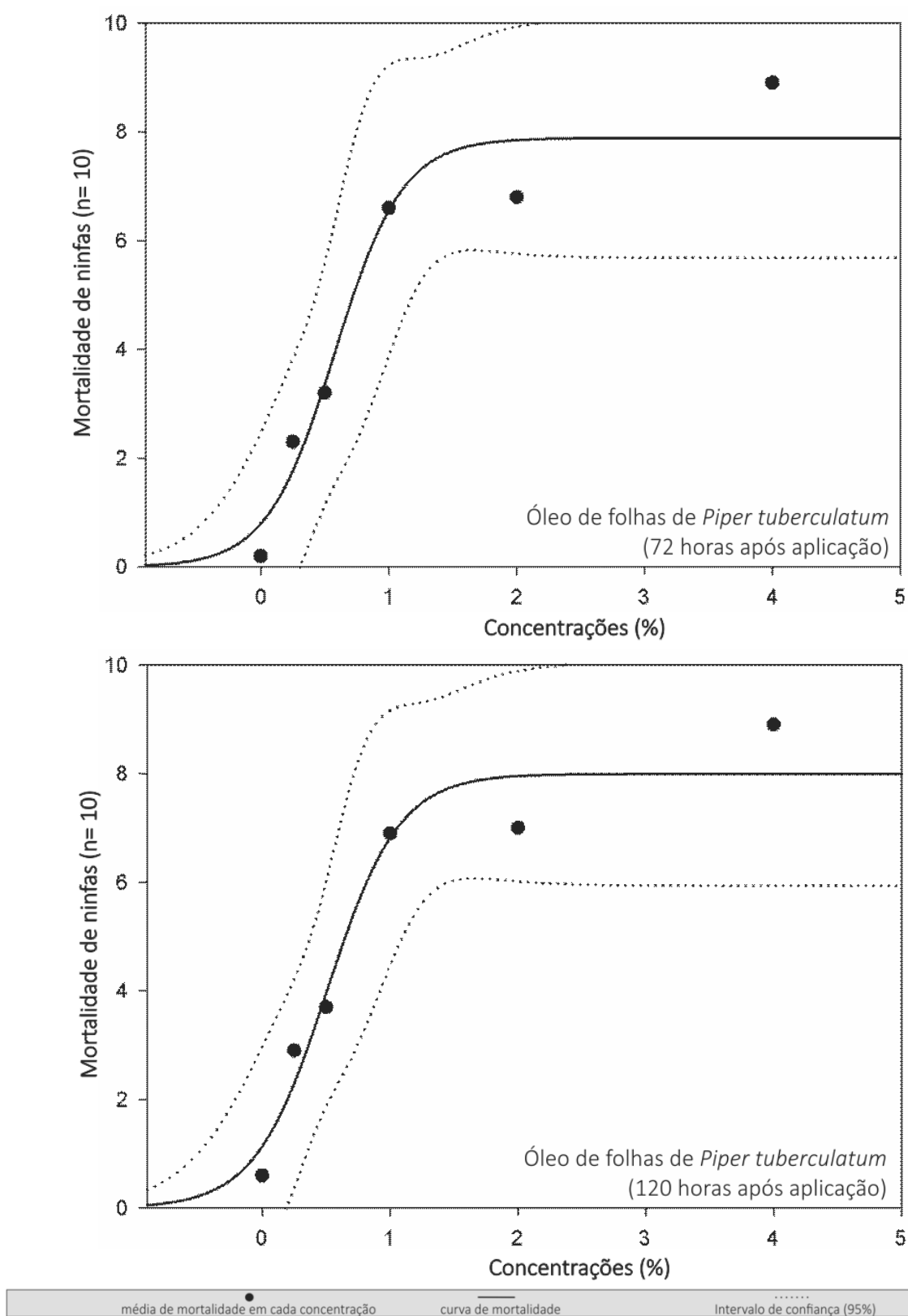


Figura 7.27. Curvas de concentração-mortalidade de ninfas de *Tibraca limbativentris* após a aplicação dos óleos essenciais de folhas de *Piper tuberculatum*. Avaliações realizadas 72 e 120 horas após aplicação dos óleos essenciais (HAA).

### **Comparando os efeitos entre todos os óleos de Piperaceae**

Quando comparou-se a mortalidade causada pelos óleos essenciais das folhas de todas as espécies de *Piper*, *P. malacophyllum* foi a espécie que apresentou as menores porcentagens de mortalidade das ninfas de *T. limbativentris*, enquanto os demais óleos das folhas, foram significativamente mais eficientes em quase todos os períodos avaliados (Tabela 7.6).

Comparando-se a mortalidade apenas entre os óleos essenciais das inflorescências entre as espécies, *P. aduncum* e *P. marginatum* foram significativamente mais eficientes que os óleos das inflorescências de *P. gaudichaudianum* e *P. malacophyllum* (Tabela 7.7).

Analisando-se a mortalidade de ninfas de *T. limbativentris* após a aplicação dos óleos de todas as espécies e partes vegetais de piperáceas, nota-se que não houve diferença significativa entre a maioria dos óleos, com exceção do óleo de inflorescências de *P. gaudichaudianum*, e de ambas as partes de *P. malacophyllum*, onde a mortalidade foi significativamente menor que as demais espécies na maioria dos períodos de avaliação (Tabela 7.8). Isso demonstra que quase todas as espécies estudadas e suas partes vegetais podem ser utilizadas para estudos fitoinseticidas.

Durante a avaliação da mortalidade foram observados alguns sintomas nas ninfas quando expostas as diferentes concentrações dos óleos, entre eles: a morte logo após a aplicação dos óleos e a desidratação abdominal. Além disso, algumas ninfas que não morreram após a aplicação dos óleos essenciais apresentaram dificuldade em romper e eliminar a cutícula, durante a muda para o instar seguinte, consequentemente morrendo durante a liberação da exúvia.

Também verificou-se um aumento no tempo de desenvolvimento das ninfas de segundo instar que não foram mortas nos diversos tratamentos, onde já nas concentrações mais baixas houve um acréscimo significativo no tempo necessário para as ninfas chegarem ao terceiro instar. O tempo de desenvolvimento variou de 7.7 dias para a menor concentração do óleo das inflorescências de *P. malacophyllum*, chegando a 15.6 dias na maior concentração do óleo de folhas de *P. tuberculatum* (Tabela 7.9).

Tabela 7.6. Número e porcentagem média de mortalidade (média<sup>1</sup>±EP) de ninfas de 2º instar de *Tibraca limbativentris* após diferentes tempos de aplicação de óleos essenciais das folhas de diferentes espécies de plantas da família Piperaceae. N= 10 ninfas.

Tempo após aplicação/ Espécie vegetal		Concentrações				
		0.25%	0.5%	1.0%	2.0%	4.0%
3 horas	<i>P. aduncum</i>	1.4 ± 0.3 ab (14%)	1.7 ± 0.3 ns (17%)	3.1 ± 0.3 ab (31%)	5.2 ± 0.4 a (52%)	5.4 ± 0.7 b (54%)
	<i>P. gaudichaudianum</i>	1.8 ± 0.4 a (18%)	2.1 ± 0.4 ns (21%)	5.7 ± 0.5 a (57%)	5.5 ± 0.6 a (55%)	9.8 ± 0.1 a (98%)
	<i>P. malacophyllum</i>	0.3 ± 0.1 b (3%)	0.6 ± 0.2 ns (6%)	1.7 ± 0.4 b (17%)	2.4 ± 0.4 b (24%)	5.4 ± 0.5 b (54%)
	<i>P. marginatum</i>	0.4 ± 0.1 b (4%)	0.8 ± 0.1 ns (8%)	2.0 ± 0.2 b (20%)	3.2 ± 0.3 ab (32%)	6.4 ± 0.4 b (64%)
	<i>P. tuberculatum</i>	1.4 ± 0.4 ab (14%)	1.9 ± 0.3 ns (19%)	5.1 ± 0.4 a (51%)	5.1 ± 0.5 a (51%)	8.2 ± 0.4 ab (82%)
	H <sup>2</sup>	14.914	13.605	34.036	21.102	30.537
	p-valor	0.005	0.009	<0.0001	0.000	<0.0001
24 horas	<i>P. aduncum</i>	1.7 ± 0.4 ns (17%)	1.9 ± 0.3 ab (19%)	4.0 ± 0.3 b (40%)	6.6 ± 0.6 ns (66%)	6.9 ± 0.8 a (69%)
	<i>P. gaudichaudianum</i>	1.8 ± 0.4 ns (18%)	2.1 ± 0.4 ab (21%)	5.7 ± 0.5 ab (57%)	5.5 ± 0.6 ns (55%)	9.8 ± 0.1 a (98%)
	<i>P. malacophyllum</i>	0.6 ± 0.1 ns (6%)	0.8 ± 0.2 b (8%)	1.9 ± 0.4 c (19%)	2.4 ± 0.4 ns (24%)	5.9 ± 0.6 b (59%)
	<i>P. marginatum</i>	2.0 ± 0.4 ns (20%)	2.3 ± 0.4 ab (23%)	4.8 ± 0.3 ab (48%)	5.9 ± 0.5 ns (59%)	8.9 ± 0.2 a (89%)
	<i>P. tuberculatum</i>	1.8 ± 0.4 ns (18%)	2.9 ± 0.4 a (29%)	6.4 ± 0.3 a (64%)	6.1 ± 0.4 ns (61%)	8.8 ± 0.4 a (88%)
	H <sup>2</sup>	8.232	12.776	-	-	25.867
	F <sup>3</sup>	-	-	15.688	9.141	-
	p-valor	0.083	0.012	0.000	0.000	<0.0001
72 horas	<i>P. aduncum</i>	2.5 ± 0.5 a (25%)	2.3 ± 0.4 b (23%)	5.2 ± 0.4 a (52%)	7.9 ± 0.8 a (79%)	7.5 ± 0.5 bc (75%)
	<i>P. gaudichaudianum</i>	2.8 ± 0.4 a (28%)	3.0 ± 0.4 ab (30%)	5.9 ± 0.5 a (59%)	5.8 ± 0.6 ab (58%)	9.8 ± 0.1 a (98%)
	<i>P. malacophyllum</i>	0.8 ± 0.1 b (8%)	1.3 ± 0.3 b (13%)	2.3 ± 0.4 b (23%)	3.1 ± 0.4 b (31%)	6.3 ± 60. C (63%)
	<i>P. marginatum</i>	3.3 ± 0.5 a (33%)	4.6 ± 0.4 a (1446)	6.8 ± 0.4 a (68%)	7.3 ± 0.5 a (73%)	9.6 ± 0.2 ab (96%)
	<i>P. tuberculatum</i>	2.3 ± 0.4 ab (23%)	3.2 ± 0.4 ab (32%)	6.6 ± 0.3 a (66%)	6.8 ± 0.4 a (68%)	8.9 ± 0.4 abc (89%)
	H <sup>2</sup>	18.364	19.845	-	22.775	25.720
	F <sup>3</sup>	-	-	15.480	-	-
	p-valor	0.001	0.001	0.000	0.000	<0.0001
120 horas	<i>P. aduncum</i>	2.8 ± 0.5 ab (28%)	2.6 ± 0.5 b (26%)	5.7 ± 0.5 b (57%)	8.3 ± 0.5 a (83%)	7.7 ± 0.5 b (77%)
	<i>P. gaudichaudianum</i>	3.6 ± 0.4 a (36%)	3.8 ± 0.4 ab (38%)	6.3 ± 0.5 b (63%)	6.2 ± 0.5 b (62%)	9.8 ± 0.1 a (98%)
	<i>P. malacophyllum</i>	1.0 ± 0.2 b (10%)	1.7 ± 0.4 b (17%)	2.8 ± 0.2 c (28%)	3.6 ± 0.4 b (36%)	6.6 ± 0.6 c (66%)
	<i>P. marginatum</i>	4.5 ± 0.5 a (45%)	5.7 ± 0.4 a (57%)	8.2 ± 0.3 a (82%)	8.1 ± 0.4 a (81%)	9.6 ± 0.2 ab (96%)
	<i>P. tuberculatum</i>	2.9 ± 0.4 ab (29%)	3.7 ± 0.4 ab (37%)	6.9 ± 0.3 ab (69%)	7.0 ± 0.4 a (70%)	8.9 ± 0.4 abc (89%)
	H <sup>2</sup>	23.038	24.450	-	26.866	25.461
	F <sup>3</sup>	-	-	20.472	-	-
	p-valor	0.000	<0.0001	0.000	<0.0001	<0.0001

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem pelo teste <sup>2</sup>Kruskal-Wallis ou <sup>3</sup>Tukey (p < 0.05).

Tabela 7.7. Número e porcentagem média de mortalidade (média<sup>1</sup>±EP) de ninfas de 2º instar de *Tibraca limbativentris* após diferentes tempos de aplicação de óleos essenciais das inflorescências de diferentes espécies de plantas da família Piperaceae. N= 10 ninfas.

Tempo após aplicação/ Espécie vegetal		Concentrações				
		0.25%	0.5%	1.0%	2.0%	4.0%
3 horas	<i>P. aduncum</i>	3.2 ± 0.5 a (32%)	4.3 ± 0.5 a (43%)	7.8 ± 0.5 a (78%)	8.7 ± 0.3 a (14%)	9.4 ± 0.2 a (14%)
	<i>P. gaudichaudianum</i>	0.2 ± 0.1 b (2%)	0.6 ± 0.2 b (6%)	0.7 ± 0.2 c (7%)	0.5 ± 0.2 c (14%)	1.4 ± 0.1 c (14%)
	<i>P. malacophyllum</i>	0.2 ± 0.1 b (2%)	2.1 ± 0.3 ab (21%)	1.4 ± 0.3 bc (14%)	2.0 ± 0.5 bc (14%)	4.4 ± 0.4 bc (14%)
	<i>P. marginatum</i>	0.7 ± 0.2 b (7%)	1.7 ± 0.4 b (17%)	4.0 ± 0.4 ab (40%)	4.6 ± 0.4 ab (14%)	6.9 ± 0.6 ab (14%)
	H <sup>2</sup>	26.096	21.659	32.188	32.482	32.980
	p-valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
24 horas	<i>P. aduncum</i>	3.3 ± 0.6 a (33%)	4.4 ± 0.5 a (44%)	7.8 ± 0.5 a (78%)	9.0 ± 0.3 a (90%)	9.4 ± 0.2 a (94%)
	<i>P. gaudichaudianum</i>	1.0 ± 0.3 b (10%)	1.0 ± 0.3 b (10%)	1.4 ± 0.3 b (14%)	1.0 ± 0.2 c (10%)	2.1 ± 0.3 c (21%)
	<i>P. malacophyllum</i> <sup>ns</sup>	0.5 ± 0.3 b (5%)	2.1 ± 0.3 ab (21%)	1.4 ± 0.3 b (14%)	2.0 ± 0.5 bc (20%)	4.5 ± 0.4 bc (45%)
	<i>P. marginatum</i>	1.4 ± 0.5 ab (14%)	2.9 ± 0.5 ab (29%)	4.3 ± 0.4 ab (43%)	5.0 ± 0.4 ab (50%)	7.6 ± 0.5 ab (76%)
	H <sup>2</sup>	16.082	16.794	29.863	32.075	32.147
	p-valor	0.001	0.001	<0.0001	<0.0001	<0.001
72 horas	<i>P. aduncum</i>	5.5 ± 0.6 a (55%)	6.4 ± 0.3 a (64%)	9.0 ± 0.2 a (90%)	9.7 ± 0.1 a (97%)	9.9 ± 0.1 a (99%)
	<i>P. gaudichaudianum</i>	1.3 ± 0.3 b (13%)	1.2 ± 0.3 b (12%)	2.0 ± 0.4 b (20%)	2.3 ± 0.7 b (23%)	2.4 ± 0.3 c (24%)
	<i>P. malacophyllum</i>	0.5 ± 0.3 b (5%)	2.6 ± 0.2 b (26%)	2.5 ± 0.5 b (25%)	2.4 ± 0.5 b (24%)	4.9 ± 0.5 bc (49%)
	<i>P. marginatum</i>	1.5 ± 0.5 b (15%)	3.4 ± 0.5 ab (34%)	4.9 ± 0.6 ab (49%)	5.5 ± 0.4 ab (55%)	8.0 ± 0.4 ab (80%)
	H <sup>2</sup>	23.490	27.328	27.606	28.832	33.280
	p-valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
120 horas	<i>P. aduncum</i>	6.8 ± 0.7 a (68%)	7.9 ± 0.6 a (79%)	9.5 ± 0.1 a (95%)	9.7 ± 0.1 a (97%)	10.0 ± 0.0 a (100%)
	<i>P. gaudichaudianum</i>	1.8 ± 0.3 b (18%)	2.1 ± 0.6 c (21%)	2.9 ± 0.7 b (29%)	3.5 ± 0.8 b (35%)	2.9 ± 0.3 c (29%)
	<i>P. malacophyllum</i>	1.0 ± 0.5 b (10%)	3.7 ± 0.5 bc (37%)	4.3 ± 0.5 b (43%)	2.9 ± 0.6 b (29%)	5.2 ± 0.5 bc (52%)
	<i>P. marginatum</i>	1.7 ± 0.6 b (17%)	4.4 ± 0.5 b (44%)	5.6 ± 0.7 b (56%)	5.7 ± 0.4 ab (57%)	8.1 ± 0.4 ab (81%)
	H <sup>2</sup>	22.465	18.864	25.304	26.125	33.180
	F <sup>3</sup>			-	-	-
	p-valor	<0.0001	0.000	<0.0001	<0.0001	<0.0001

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e de letras minúsculas nas colunas não diferem pelo teste

<sup>2</sup>Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ).

Tabela 7.8. Mortalidade de ninfas de 2º instar de *Tibraca limbativentris* (média<sup>1</sup>±EP) após diferentes tempos de aplicação de óleos essenciais de diferentes partes vegetais de *Piper* spp. N= 10 ninfas.

Tempo/ Espécies e partes vegetais		Concentrações				
		0.25%	0.5%	1.0%	2.0%	4.0%
3 horas	<i>P. aduncum</i> (f)	1.4 ± 0.3 ab	1.7 ± 0.3 abc	3.1 ± 0.3 bcdef	5.2 ± 0.4 ab	5.4 ± 0.7 cde
	<i>P. aduncum</i> (i)	3.2 ± 0.5 a	4.3 ± 0.5 a	7.8 ± 0.5 a	8.7 ± 0.3 a	9.4 ± 0.2 ab
	<i>P. aduncum</i> (g)	1.6 ± 0.3 ab	2.7 ± 0.5 ab	7.2 ± 0.4 ab	8.0 ± 0.6 a	8.8 ± 0.3 abc
	<i>P. gaudichaudianum</i> (f)	1.8 ± 0.4 ab	2.1 ± 0.4 abc	5.7 ± 0.5 abc	5.5 ± 0.6 ab	9.8 ± 0.1 a
	<i>P. gaudichaudianum</i> (i)	0.2 ± 0.1 b	0.6 ± 0.2 c	0.7 ± 0.2 f	0.5 ± 0.2 c	1.4 ± 0.1 e
	<i>P. malacophyllum</i> (f)	0.3 ± 0.1 b	0.6 ± 0.2 c	1.7 ± 0.4 def	2.4 ± 0.4 bc	5.4 ± 0.5 cde
	<i>P. malacophyllum</i> (i)	0.2 ± 0.1 b	2.1 ± 0.3 abc	1.4 ± 0.3 ef	2.0 ± 0.5 bc	4.4 ± 0.4 de
	<i>P. marginatum</i> (f)	0.4 ± 0.1 b	0.8 ± 0.1 bc	2.0 ± 0.2 cdef	3.2 ± 0.3 bc	6.4 ± 0.4 bcde
	<i>P. marginatum</i> (i)	0.7 ± 0.2 b	1.7 ± 0.4 abc	4.0 ± 0.4 abcde	4.6 ± 0.4 ab	6.9 ± 0.6 abcd
	<i>P. tuberculatum</i> (f)	1.4 ± 0.4 bc	1.9 ± 0.3 abc	5.1 ± 0.4 abcd	5.1 ± 0.5 ab	8.2 ± 0.4 abcd
H <sup>2</sup>		46.912	42.572	80.665	73.179	73.719
p-valor		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
24 horas	<i>P. aduncum</i> (f)	1.7 ± 0.4 ab	1.9 ± 0.3 ab	4.0 ± 0.3 ab	6.6 ± 0.6 a	6.9 ± 0.8 abcd
	<i>P. aduncum</i> (i)	3.3 ± 0.6 a	4.4 ± 0.5 a	7.8 ± 0.5 a	9.0 ± 0.3 a	9.4 ± 0.2 ab
	<i>P. aduncum</i> (g)	1.6 ± 0.3. ab	2.7 ± 0.5 ab	7.3 ± 0.4 a	8.5 ± 0.5 a	9.7 ± 0.2 a
	<i>P. gaudichaudianum</i> (f)	1.8 ± 0.4 ab	2.1 ± 0.4 ab	5.7 ± 0.5 a	5.5 ± 0.6 abc	9.8 ± 0.1 a
	<i>P. gaudichaudianum</i> (i)	1.0 ± 0.3 ab	1.0 ± 0.3 b	1.4 ± 0.3 b	1.0 ± 0.2 c	2.1 ± 0.3 c
	<i>P. malacophyllum</i> (f)	0.6 ± 0.1 ab	0.8 ± 0.2 b	1.9 ± 0.4 b	2.4 ± 0.4 bc	5.9 ± 0.6 bcd
	<i>P. malacophyllum</i> (i)	0.5 ± 0.3 b	2.1 ± 0.3 ab	1.4 ± 0.3 b	2.0 ± 0.5 bc	4.5 ± 0.4 cd
	<i>P. marginatum</i> (f)	2.0 ± 0.4 b	2.3 ± 0.4 ab	4.8 ± 0.3 ab	5.9 ± 0.5 ab	8.9 ± 0.2 abc
	<i>P. marginatum</i> (i)	1.4 ± 0.5 ab	2.9 ± 0.5 ab	4.3 ± 0.4 ab	5.0 ± 0.4 abc	7.6 ± 0.5 abcd
	<i>P. tuberculatum</i> (f)	1.8 ± 0.4 ab	2.9 ± 0.4 ab	6.4 ± 0.3 a	6.1 ± 0.4 ab	8.8 ± 0.4 ab
H <sup>2</sup>		27.193	32.982	76.664	73.382	69.387
p-valor		0.001	0.000	<0.0001	<0.0001	<0.0001
72 horas	<i>P. aduncum</i> (f)	2.5 ± 5 abcd	2.3 ± 0.4 bc	5.2 ± 0.4 bcde	7.9 ± 0.8 ab	7.5 ± 0.5 abcd
	<i>P. aduncum</i> (i)	5.5 ± 0.4 a	6.4 ± 0.3 a	9.0 ± 0.2 ab	9.7 ± 0.1 a	9.9 ± 0.1 a
	<i>P. aduncum</i> (g)	1.7 ± 0.3 bcd	3.5 ± 0.3 abc	9.3 ± 0.2 a	9.6 ± 0.2 a	9.9 ± 0.1 a
	<i>P. gaudichaudianum</i> (f)	2.8 ± 0.4 abc	3.0 ± 0.4 bc	5.9 ± 0.5 abcde	5.8 ± 0.6 abcd	9.8 ± 0.1 a
	<i>P. gaudichaudianum</i> (i)	1.3 ± 0.3 bcd	1.2 ± 0.3 c	2.0 ± 0.4 e	2.3 ± 0.7 d	2.4 ± 0.3 d
	<i>P. malacophyllum</i> (f)	0.8 ± 0.1 cd	1.3 ± 0.3 c	2.3 ± 0.4 e	3.1 ± 0.4 cd	6.3 ± 0.6 bcd
	<i>P. malacophyllum</i> (i)	0.5 ± 0.3 d	2.6 ± 0.2 bc	2.5 ± 0.5 de	2.4 ± 0.5 d	4.9 ± 0.5 cd
	<i>P. marginatum</i> (f)	3.3 ± 0.5 ab	4.6 ± 0.4 ab	6.8 ± 0.4 abc	7.3 ± 0.5 abc	9.6 ± 0.2 ab
	<i>P. marginatum</i> (i)	1.5 ± 0.5 bcd	3.4 ± 0.5 abc	4.9 ± 0.6 cde	5.5 ± 0.4 bcd	8.0 ± 0.4 abcd
	<i>P. tuberculatum</i> (f)	2.3 ± 0.4 abcd	3.2 ± 0.4 abc	6.6 ± 0.3 abcd	6.8 ± 0.4 abcd	8.9 ± 0.4 bc
H <sup>2</sup>		49.361	53.387	76.362	71.649	73.612
p-valor		<0.0001	<0.001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
120 horas	<i>P. aduncum</i> (f)	2.8 ± 0.5 abc	2.6 ± 0.5 c	5.7 ± 0.5 bcde	8.3 ± 0.5 ab	7.7 ± 0.5 abcd
	<i>P. aduncum</i> (i)	6.8 ± 0.7 a	7.9 ± 0.6 a	9.5 ± 0.1 a	9.7 ± 0.1 a	10.0 ± 0.0 a
	<i>P. aduncum</i> (g)	2.3 ± 0.2 bc	3.8 ± 0.4 abc	9.3 ± 0.2 ab	9.7 ± 0.1 a	10.0 ± 0.0 a
	<i>P. gaudichaudianum</i> (f)	3.6 ± 0.4 ab	3.8 ± 0.4 abc	6.3 ± 0.5 abcde	6.2 ± 0.5 abcd	9.8 ± 0.1 a
	<i>P. gaudichaudianum</i> (i)	1.8 ± 0.3 bc	2.1 ± 0.6 c	2.9 ± 0.7 de	3.5 ± 0.8 cd	2.9 ± 0.3 d
	<i>P. malacophyllum</i> (f)	1.0 ± 0.2 c	1.7 ± 0.4 c	2.8 ± 0.9 e	3.6 ± 0.4 e	6.6 ± 0.6 bcd
	<i>P. malacophyllum</i> (i)	1.0 ± 0.5 c	3.7 ± 0.5 bc	4.3 ± 0.5 de	2.9 ± 0.6 e	5.2 ± 0.5 cd
	<i>P. marginatum</i> (f)	4.5 ± 0.5 ab	5.7 ± 0.4 ab	8.2 ± 0.3 abc	8.1 ± 0.4 abc	9.6 ± 0.2 ab
	<i>P. marginatum</i> (i)	1.7 ± 0.6 bc	4.4 ± 0.5 abc	5.6 ± 0.7 cde	5.7 ± 0.4 bcd	8.1 ± 0.4 abcd
	<i>P. tuberculatum</i> (f)	2.9 ± 0.4 abc	3.7 ± 0.4 abc	6.9 ± 0.3 abcd	7.0 ± 0.4 abcd	8.9 ± 0.4 abc
H <sup>2</sup>		54.125	50.625	71,820	70,902	75.634
p-valor		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e de letras minúsculas nas colunas não diferem pelos testes

<sup>2</sup>Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ); f= folhas; r= ramos; i= inflorescências; EP= erro padrão.

Tabela 7.9. Tempo médio (dias  $\pm$  erro padrão) para ninfas de 2° instar de *Tibraca limbativentris* chegarem ao 3° instar após a aplicação de óleos essenciais das cinco espécies de Piperaceae.

Espécie/ Parte vegetal	Concentrações (médias <sup>1</sup> $\pm$ EP <sup>1</sup> )							H	p
	água	tween	0,25%	0,5%	1%	2%	4%		
<i>P. aduncum</i> <sup>f</sup>	7.2 $\pm$ 0.2 C	7.3 $\pm$ 0.2 C	9.0 $\pm$ 0.5 abBC	9.2 $\pm$ 0.4 abBC	9.7 $\pm$ 0.7 abcBC	10.6 $\pm$ 0.5 abcA	11.5 $\pm$ 0.2 abA	38,418	0.000
<i>P. aduncum</i> <sup>i</sup>	7.2 $\pm$ 0.2 C	7.3 $\pm$ 0.2 C	8.7 $\pm$ 0.5 abBC	8.3 $\pm$ 0.5 bBC	9.0 $\pm$ 0.5 abcBC	9.6 $\pm$ 0.3 abcA	10.0 $\pm$ 0.0 bcA	29,870	<0.0001
<i>P. aduncum</i> <sup>r</sup>	7.2 $\pm$ 0.2 BC	7.3 $\pm$ 0.2 C	8.3 $\pm$ 0.1 abABC	8.6 $\pm$ 0.1 bAB	8.7 $\pm$ 0.1 bcA	8.8 $\pm$ 0.1 cA	9.0 $\pm$ 0.0 cA	43,625	0.000
<i>P. gaudichaudianum</i> <sup>f</sup>	7.2 $\pm$ 0.2 C	7.3 $\pm$ 0.2 C	8.6 $\pm$ 0.1 abABC	9.4 $\pm$ 0.2 abAB	9.5 $\pm$ 0.2 abcAB	9.9 $\pm$ 0.1 abcAB	10.0 $\pm$ 0.0 bcA	53,826	0.000
<i>P. gaudichaudianum</i> <sup>i</sup>	7.2 $\pm$ 0.2	7.3 $\pm$ 0.2	7.9 $\pm$ 0.4 b	7.9 $\pm$ 0.4 b	7.7 $\pm$ 0.5 c	9.0 $\pm$ 0.5 bc	9.2 $\pm$ 0.5 bc	13,964	0.030
<i>P. malacophyllum</i> <sup>f</sup>	7.2 $\pm$ 0.2	7.3 $\pm$ 0.2	8.3 $\pm$ 0.4 b	8.2 $\pm$ 0.4 b	9.0 $\pm$ 0.5 abc	8.9 $\pm$ 0.5 bc	8.3 $\pm$ 0.4 c	13,090	0.041
<i>P. malacophyllum</i> <sup>i</sup>	7.2 $\pm$ 0.2 CD	7.3 $\pm$ 0.2 BC	7.7 $\pm$ 0.3 bBC	10.4 $\pm$ 0.4 abAB	10.8 $\pm$ 0.5 abAB	11.0 $\pm$ 0.7 abAB	11.8 $\pm$ 0.3 abA	42,958	0.0001
<i>P. marginatum</i> <sup>f</sup>	7.2 $\pm$ 0.2 B	7.3 $\pm$ 0.2 B	9.3 $\pm$ 0.6 abAB	9.4 $\pm$ 0.4 abAB	8.9 $\pm$ 0.4 abcAB	9.4 $\pm$ 0.3 bcAB	10.6 $\pm$ 0.3 abcA	34,024	0.000
<i>P. marginatum</i> <sup>i</sup>	7.2 $\pm$ 0.2 B	7.3 $\pm$ 0.2 B	10.8 $\pm$ 0.3 aAB	11.6 $\pm$ 0.4 aA	11.2 $\pm$ 0.3 aA	12.1 $\pm$ 0.3 aA	13.1 $\pm$ 0.3 aA	51,288	0.000
<i>P. tuberculatum</i> <sup>f</sup>	7.2 $\pm$ 0.2 C	7.3 $\pm$ 0.2 C	10.1 $\pm$ 0.6 abABC	11.0 $\pm$ 1.1 abABC	8.7 $\pm$ 0.4 abcBC	11.8 $\pm$ 0.8 abA	15.6 $\pm$ 0.6 aA	42,310	<0.0001
H	-	-	28.229	34.832	32.235	40.566	78.383	-	-
p	-	-	0.001	<0.0001	0.000	<0.0001	<0.0001	-	-

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e de letras minúsculas nas colunas não diferem pelos testes <sup>2</sup>Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ); f= folhas; r= ramos; i= inflorescências; EP= erro padrão.



## Discussão

Muitos trabalhos têm demonstrado que diversas espécies de plantas da família Piperaceae possuem ação inseticida contra vários grupos de artrópodes.<sup>15, 16, 21-25</sup>. No entanto, estudos avaliando o efeito fitoquímico das piperáceas contra insetos fitófagos imaturos, como ninfas de percevejos-pragas são escassos, embora os danos devido à alimentação nas fases que antecedem o inseto adulto, também possam causar prejuízos na produção.

A química de espécies de *Piper* tem sido amplamente investigada nos últimos anos, o que tem levado à descoberta e elucidação de vários compostos fisiologicamente ativos, tais como: alcaloides, chalconas, hidrochalconas<sup>26</sup>, propenilfenóis<sup>27</sup>, lignanas, neolignanas<sup>28,29</sup>, ácidos benzoicos prenitados<sup>30,31</sup>, terpenos<sup>32</sup>, piperolídeos, flavonoides e flavonas<sup>33</sup>. Entretanto, pouco mais de 10% de todas as espécies de *Piper* foram investigadas fitoquimicamente<sup>34</sup>, e quando consideram-se os estudos da bioatividade desta família de plantas visando o controle de insetos-pragas, os trabalhos são mais escassos ainda.

Em nosso trabalho a elevada porcentagem de mortalidade das ninfas de *T. limbativentris*, logo nas primeiras 3 horas após a aplicação de alguns óleos essenciais, pode ser decorrência do excesso de acetilcolina no organismo do inseto ocasionado pela inibição da acetilcolinesterase, uma vez que, observou-se que algumas ninfas “tremiam” logo após a aplicação dos óleos essenciais, morrendo em seguida. Considerando que o excesso de acetilcolina causa algo parecido com um “curto-circuito” ou excesso de descarga elétrica no sistema nervoso do inseto, isto acaba interferindo no equilíbrio do organismo, levando o inseto à morte por hiperexcitação<sup>35</sup>. Esta característica já foi observada por Krinski e Massaroli<sup>36</sup> após a utilização de extratos de sementes e folhas de *Annona mucosa* Jacq. e *A. crassiflora* Mart. (Annonaceae) sobre ninfas de *T. limbativentris*, indicando que os óleos extraídos de piperáceas pode ter o mesmo modo de ação que aqueles observados após a aplicação dos extratos de anonáceas. Algumas ninfas de *T. limbativentris* perderam a mobilidade após a aplicação dos extratos, e isto também pode ser uma reação causada pelos principais compostos químicos presentes nos óleos das piperáceas, interferindo nos canais de sódio que são regulados por voltagem e isto altera o

equilíbrio do sódio e potássio, impedindo a transmissão nervosa normal, provocando assim a paralisia do inseto seguida de morte (“knockdown”)<sup>37</sup>.

As amidas lipídicas presentes em piperáceas foram inicialmente conhecidas por atuar como neurotoxinas no inseto modificando a excitabilidade axonal sobre as correntes de sódio e causando um efeito parecido ao de um inseticida piretróide<sup>38</sup>. No entanto, posteriormente percebeu-se que se tratava de um mecanismo de ação diferente daquele apresentado pelos piretróides, quando baratas americanas resistentes a piretróides foram afetadas pelas mesmas doses de uma amida (pipericide)<sup>39</sup> e quando amidas isobutilo demonstraram ser mais potentes do que os piretróides contra uma estirpe resistente de mosca doméstica<sup>40</sup>.

O aumento da mortalidade das ninfas de *T. limbativentris* ao longo das avaliações (até 120 HAA) com os diferentes óleos essenciais de Piperaceae também pode ser consequência do ato delas não se alimentarem (inanição) ou de diminuírem sua alimentação (deterência alimentar). Embora esta característica não tenha sido avaliada ao longo dos bioensaios, Álvares-Colom et al.<sup>41</sup> já relataram este efeito após a utilização de extratos à base de anonáceas sobre lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797), e atribuíram às acetogeninas presentes nestas plantas o papel de potentes inibidores do complexo mitocondrial I nos sistemas NADH: oxidase da membrana plasmática, induzindo a apoptose celular (morte programada da célula)<sup>42</sup>,<sup>43</sup>. Nossos resultados ainda corroboram com os de Oliveira e Pereira<sup>44</sup> que avaliaram a atividade antialimentar causada por *A. crassiflora* sobre adultos do percevejo-marrom da soja, *Euschistus heros* (Fabricius, 1794), e desta forma, esse efeito também pode ser uma das características dos compostos presentes em plantas da família Piperaceae.

A influência dos óleos essenciais das piperáceas sobre o tempo de desenvolvimento das ninfas de segundo instar de *T. limbativentris* pode ser uma consequência da diminuição da alimentação, ou ainda, estes óleos podem estar atuando como um regulador do crescimento, interferindo no hormônio ecdisona<sup>45,46</sup> e causando um efeito juvenoide nas ninfas, fazendo aumentar o tempo para a mudança de instar ocorrer, como observado em nosso trabalho com o aumento das concentrações dos óleos essenciais. Além disso, o fato de algumas ninfas morrerem durante a liberação da exúvia, do segundo para o terceiro instar, também pode ser um efeito dos óleos atuando como um regulador de crescimento, pois interferem no desenvolvimento natural das ninfas, impedindo a completa formação de quitina

(exoesqueleto) e por isso, produzindo uma lesão no momento da muda, e por fim, matando o inseto<sup>47</sup>.

Este padrão de mortalidade já foi relatado por Peres e Corrêa-Ferreira<sup>48</sup>, após a aplicação do óleo comercial de nim sobre ninfas de terceiro instar de *E. heros* e também por Magalhães et al.<sup>49</sup> utilizando extratos de *A. mucosa* (Annonaceae) sobre ninfas deste mesmo percevejo. Souza et al.,<sup>50</sup> utilizando extratos de *Annona coriacea* sobre ninfas de *Dichelops melacanthus* (Dallas, 1851) também observaram que as ninfas apresentaram anormalidades morfológicas, com deficiência no rompimento e eliminação da cutícula durante o processo de ecdise, causando a morte do inseto. Resultados semelhantes foram observados por Riba et al.,<sup>51</sup> e por Abudulai et al.,<sup>52</sup> ambos utilizando produtos à base de azadiractina, sobre ninfas de *Nezara viridula*, que apresentaram alta porcentagem de mortalidade durante o processo de ecdise. No entanto, estudos sobre o hormônio ecdisona em percevejos são escassos e devem ser priorizados, principalmente para se entender como os produtos considerados fitoinseticidas podem interferir nesse hormônio<sup>53</sup>.

Todos esses efeitos relatados em nosso trabalho, se devem possivelmente à diversidade de substâncias presentes em cada um dos óleos essenciais, e pelo fato destas substâncias estarem atuando sinergicamente. Existem compostos de origem vegetal capazes de agir como sinergistas de outros compostos, se ligando a enzimas e interferindo nas vias metabólicas gerais de detoxificação<sup>54</sup>. Já é sabido que a defesa da planta ao ataque de insetos é proporcionada ao efeito dos múltiplos compostos presentes nas diferentes partes vegetais, sendo mais efetivos na defesa planta quando atuam juntos do que quando cada composto atua individualmente<sup>33, 55</sup>.

Alguns estudos comprovaram uma forte sinergia entre diferentes amidas atuando como fitoinseticida<sup>56,57</sup>. Além disso, fabricantes de inseticidas químicos têm combinado rotineiramente aos seus produtos, compostos vegetais que possuem um anel metilenedioxidofenil em comum (sinergistas MDP), tais como butóxido de piperonilo, um derivado do safrol (encontrado em *P. hispidinervum*), com formulações para aumentar a toxicidade<sup>58,59</sup>. Uma das características das piperáceas é a associação de lignanas e neolignanas ao grupo metilenedioxidofenil, que se apresentam em grande número nas plantas e são consideradas importantes inibidores da monooxigenase poli-substrato (PSMO), que são as principais enzimas dependentes do citocromo P450, pois possuem a funcionalidade de sinergistas MDP<sup>60-62</sup>.

Diversas amidas já foram isoladas da família Piperaceae, incluindo pirrolidina, hidropiridona e piperidina; e estas substâncias tem gerado grande interesses devido ao seu potencial inseticida<sup>26,63</sup>. O composto dilapiol, por exemplo, é obtido principalmente de *P. aduncum* e possui uma estrutura ideal para atuar na inibição da PSMO. O safrol e o e butóxido de piperonilo compostos obtidos de *P. hispidinervum*, também possuem propriedade para atuar como pesticidas sinérgicos<sup>14,15,64</sup>. Considerando esta característica, estes compostos podem ser utilizados como adjuvantes visando interferir tanto nos processos de transformação e biossíntese de ecdisteroides e do hormônio juvenil, quanto na detoxificação de compostos de plantas e inseticidas sintéticos<sup>65,65</sup>. Processos estes, que geralmente estão envolvidos na resistência de insetos pragas aos diversos inseticidas químicos utilizados atualmente<sup>67,68</sup>.

É fato, que várias amidas naturais e sintéticas têm sido relatadas como potenciais substâncias para serem utilizadas isoladamente ou em combinação como inseticidas, substituindo compostos neurotóxicos, tais como carbamatos, organofosfatos e piretróides<sup>69,70</sup>. Considerando isto, provavelmente, num futuro próximo, as investigações mais interessantes serão a busca por informações da potencialidade sinérgica dos principais compostos presentes nas várias espécies de piperáceas para a utilização como fitoinseticidas. E a relativa escassez de exemplos de sinergia dos compostos secundários desta família de plantas, se dá provavelmente devido à falta de estudos sobre este tema, embora vários pesquisadores tenham relatado a tempos que esses efeitos sinérgicos devem ser a regra e não a exceção nos estudos visando a descoberta de novos fitoinseticidas<sup>57,71</sup>.

Possivelmente a falta de sinergia dos compostos presentes nos óleos de folhas e inflorescências de *P. malacophyllum*, que apresentaram as mais baixas porcentagens de mortalidade de ninfas de *T. limbativentris* entre todas as espécies de piperáceas testadas, pode explicar a aparente falta de propriedades inseticidas, pois os óleos de cada parte vegetal foram utilizados separadamente, e caso fossem utilizados juntos, a combinação dos compostos presentes nas folhas e inflorescências, poderiam atuar de forma sinérgica, gerando assim, maiores porcentagens de mortalidade.

Estudos recentes utilizando óleo de folhas *P. hispidinervum* (Piperaceae) associado com o óleo do cravo, *Syzygium aromaticum* (L.) Merrill & Perry (Myrtaceae) e com formulados a base de um inseticida contendo *Bacillus thuringiensis* var. *aizawai*

(*Bta*) sobre lagartas de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), demonstraram que os óleos foram mais eficientes quando utilizados juntos do que quando separados, e também foram mais eficientes do que quando associados ao *Bta*<sup>72</sup>. Isto demonstra que os óleos de piperáceas podem atuar como um adjuvante importante, tanto com outros produtos à base de plantas quanto com outros produtos sintéticos. Em diversas pesquisas, compostos vegetais foram utilizados separadamente e foram relatados como compostos sem ou com baixa bioatividade, gerando possivelmente pseudo-resultados, pois grande variedade destes compostos secundários de plantas, quando atuam sinergicamente com outros componentes da mesma espécie, provavelmente podem gerar outros resultados, e devido à falta de estudos de sinergismo, estas associações não possuem função conhecida<sup>73-75</sup>.

As informações de nosso trabalho são particularmente importantes para o avanço dos estudos com a fitoquímica do grupo das Piperaceae, pois muitas espécies têm um grande número de compostos de defesa que poderiam, potencialmente, interagir. No entanto, todos os programas de pesquisa que testam produtos farmacêuticos, pesticidas ou com outras atividades dos metabólitos secundários de plantas, em especial com piperáceas, devem pelo menos complementar seus estudos com testes adequados, utilizando misturas pertinentes e extratos/óleos essenciais de plantas inteiras<sup>55,71</sup>.

Mesmo assim, a utilização isolada dos óleos essenciais de cada parte vegetal (que já contém diversas amidas), mostrou-se promissora para o controle de ninfas de *T. limbativentris*, podendo inclusive substituir os atuais inseticidas de contato, especificamente aqueles neurotóxicos, como os carbamatos, organofosforados e piretróides, para os quais muitos insetos-pragas já desenvolveram resistência<sup>76,76</sup>. Portanto, uma combinação destas amidas dentro de uma formulação vegetal poderia proporcionar a vantagem de todos os atributos fisiológicos anteriormente mencionados, como um novo local de ação destes compostos, a inibição da PSMO dependentes do citocromo P450, além da baixa toxicidade em mamíferos<sup>78,79</sup> e da seletividade destes compostos aos inimigos naturais<sup>80</sup>.

Pesquisas futuras sobre os aspectos químicos das Piperaceae devem ser realizadas, principalmente para se entender os efeitos ecológicos da variação dos metabólitos secundários entre as diversas espécies visando sua utilização como fitoinseticida, e também para verificar as interações sinérgicas entre diferentes metabólitos secundários vegetais<sup>81</sup>. No entanto, para todos esses estudos, se faz

necessária a utilização de técnicas de isolamento e síntese dos principais compostos, visando como próximo passo, o desenvolvimento de produtos comerciais aceitáveis para o mercado global de inseticidas, como já tem sido sugerido por alguns pesquisadores<sup>33</sup>.

## Conclusão

Considerando todos os resultados expostos ao longo deste trabalho, podemos concluir que:

- Os óleos essenciais de *P. aduncum*, *P. gaudichaudianum*, *P. marginatum* e *P. tuberculatum* apresentam atividade ninficida sobre *T. limbativentris* em pelo menos uma das partes vegetais testadas;
- O óleo das inflorescências de *P. gaudichaudianum* e das folhas e inflorescências de *P. malacophyllum* não apresentam bioatividade sobre as ninfas do percevejo;
- Os óleos causam um retardamento no tempo de desenvolvimento das ninfas de segundo instar, indicando um efeito do hormônio ecdisona causado pela aplicação dos óleos;
- O hormônio ecdisona pode estar sendo afetado pelos óleos essenciais, pois parte das ninfas que não morreram logo nas primeiras horas após a aplicação morreram durante o processo de ecdise, do segundo para o terceiro instar;
- Estudos para verificar o efeito sinérgico entre os óleos essenciais de diferentes partes vegetais da mesma espécie e entre espécies de Piperaceae devem ser realizados, para verificar a existência de sinergismo entre os principais constituintes fitoquímicos destas plantas.

## Agradecimentos

O autor agradece ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR), pelo suporte logístico; aos pesquisadores Dr. José Alexandre Freitas Barrigossi da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (EMBRAPA/CNPAF) e Dr. Clécio Sousa Ramos, do Departamento de Ciências Moleculares, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), que acompanharam e ajudaram durante este estudo. Agradece também, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e

Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por fornecer as bolsas de estudos durante esta pesquisa.

## Referências

- <sup>1</sup> Azambuja IHB, Vernetti-Junior FJ, Magalhães-Junior AM, Aspectos socioeconômicos da produção de arroz. In: Gomes AS, Magalhães-Júnior AM (Ed), Arroz irrigado no sul do Brasil. Embrapa, Brasília, (Informação Tecnológica), 2004.
- <sup>2</sup> Ferreira E, Zimmermann FJP, Santos AB, Neves, BP, O percevejo do colmo na cultura do arroz. Goiânia: Embrapa-CNPAF, (Documentos, 75). 44p. 1997.
- <sup>3</sup> Martins JFS, Barrigosi JAF, Oliveira JV, Cunha US, Situação do manejo integrado de insetos-praga na cultura do arroz no Brasil. Pelotas, RS: (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 290), 40p., 2009.
- <sup>4</sup> Ferreira E, Martins JFS, Rangel PHN, Cutrim VA, Resistência de arroz ao percevejo do colmo. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v.21, p.565-569, 1986.
- <sup>5</sup> Fernandes, J. A. M.; Grazia, J. Revision of the genus *Tibraca* Stål (Heteroptera, Pentatomidae, Pentatominae). Revista Brasileira de Zoologia, Curitiba, v.15, n. 4, p, 1049-1060, 1998.
- <sup>6</sup> Pantoja A, Triana M, Bastida H, Garcia C, Mejía OI, Duque MC, Damage by *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) to rice in Southwestern Colombia. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico, v.91, p.11–18, 2007.
- <sup>7</sup> Souza JR, Ferreira E, Boiça-Junior AL, Cargnelutti-Filho A, Chagas EF, Mondego JM, Avaliação de resistência em cultivares de arroz ao ataque do percevejo-do-colmo, *Tibraca limbativentris*. Arquivos do Instituto Biológico (Online), v.75, p.449/4-454, 2008.
- <sup>8</sup> Souza JR, Ferreira E, Cargnelutti-Filho A, Boiça-Junior AL, Chagas EF, Mondego JM, Divergência genética de cultivares de arroz quanto à resistência a *Tibraca limbativentris* Stål (Hemiptera: Pentatomidae). Neotropical Entomology. v.38, n.5, p.671-676, 2009.
- <sup>9</sup> Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Agrofit-Sistema de Agrotóxicos fitossanitários. 2010. Disponível em: <[http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em 21. Abr. 2013.

- <sup>10</sup> Petroski RJ, Stanley DW, Natural compound for pest and weed control. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. v.57, n.18, p.8171-8179, 2009.
- <sup>11</sup> Rampelotti-Ferreira FT, Ferreira A, Prando HF, Tcacenco FA, Grützmacher AD, Martins JFS, Seletividade de agrotóxicos utilizados na cultura do arroz irrigado ao fungo *Metarhizium anisopliae*, agente de controle microbiano de *Tibraca limbativentris*. *Ciência Rural*. v.40, n.4, p.745-751. 2010.
- <sup>12</sup> Costa ELN, Silva RFP, Fiuza LM, Efeitos, aplicações e limitações de extratos de plantas inseticidas. *Acta Biologica Leopoldensia*. v.26, p.173-185, 2004.
- <sup>13</sup> Bernard CB, Krishnamurty HG, Chaunet, D, Durst T, Philogène BJR, Sánchez-Vindas P, Hasbun C, Poveda L, San Román L, Arnason JT, Insecticidal defense of Piperaceae from the Neotropics. *Journal of Chemical Ecology*, v.21, n.6, p.801- 814, 1995.
- <sup>14</sup> Bergo CL, Mendonça HA, Silva MR, Efeito da época e frequência de corte de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) no rendimento de óleo essencial. *Acta Amazonica*, v.35, n.2, p.111-117, 2005.
- <sup>15</sup> Fazolin M, Estrela JLV, Catani V, Alécio MR, Lima MS, Propriedade inseticida dos óleos essenciais de *Piper hispidinervum* C. DC. *Piper aduncum* L. e *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Shum sobre *Tenebrio molitor* L., 1758, *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 31, p. 113-120. 2007.
- <sup>16</sup> Srivastava S, Gupta MM, Prajapati V, Tripathi AK, Kumar S, Insecticidal activity of myristicin from *Piper mullesua*. *Pharmaceutical Biology*, v.39, n.3, p.226-229, 2001.
- <sup>17</sup> Van den Dool H, Kratz PD, A generalization of the retention index system including liner temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *Journal of Chromatography A*, v.11, p.463-467, 1963.
- <sup>18</sup> Adams RP, Identification of essential oil components by Gas chromatography/Mass Spectroscopy (4th ed.), Allured Publishing Corporation, Illinois, 2007, 804pp.
- <sup>19</sup> Finney DJ, Probit Analysis. University Press, Cambridge, UK. 333 pp. 1971.
- <sup>20</sup> SigmaPlot. 2013. For windows, version 12.5. Systat Software, 2013.
- <sup>21</sup> Estrela JLV, Fazolin M, Catani V, Alécio MR, Lima MS, Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.2, p.217-222, 2006.
- <sup>22</sup> Fazolin M, Estrela JLV, Catani V, Alécio MR, Lima MSL, Alécio MR, Toxicidade do óleo de *Piper aduncum* L. a adultos de *Cerotoma tingomarianus* Bechyné (Coleoptera: Chrysomelidae). *Neotropical Entomology*, v.34, n.3, p.485-489, 2005.



- <sup>23</sup> Mohottalage S, Tabacchi R, Guerin PM, Components from Sri Lankan *Piper betle* L. leaf oil and their analogues showing toxicity against the housefly, *Musca domestica*. Flavour and Fragrance Journal, v.22, p.130–138, 2007.
- <sup>24</sup> Morais SM, Facundo VA, Bertini LM, Cavalcanti ESB, Anjos-Junior JF, Ferreira SA, Brito ES, Souza-Neto MA, Chemical composition and larvicidal activity of essential oils from *Piper* species. Biochemical Systematics and Ecology, v.35, p.670-675, 2007.
- <sup>25</sup> Tchoumboungang F, Jazet DPM, Sameza ML, Fombotioh N, Vyry WNA, Henri AZP, Menut C, Comparative essential oils composition and insecticidal effect of different tissues of *Piper capense* L., *Piper guineense* Schum. et Thonn., *Piper nigrum* L. and *Piper umbellatum* L. grown in Cameroon. African Journal of Biotechnology, v.8, n.3, p. 424-431, 2009.
- <sup>26</sup> Parmar VS, Jain SC, Bisht KS, Jain R, Taneja P, Jha A, Tyagi OD, Prasad AK, Wengel J, Olsen CE, Boll PM, Phytochemistry of the genus *Piper*. Phytochemistry, v. 46, n. 4, p. 597-673, 1997.
- <sup>27</sup> Benevides PJC, Sartorelli P, Kato MJ, Phenylpropanoids and neolignans from *Piper regnellii*. Phytochemistry, v.52, p. 339-343, 1999.
- <sup>28</sup> Chauret DC, Bernard CB, Arnason JT, Durst T, Insecticidal neolignans from *Piper decurrens*. Journal Product Natural, v. 59, p. 152-158, 1996.
- <sup>29</sup> Martins RC, Latorre P, Kato MJ, Phenylpropanoids and tetrahydrofuran lignans from *Piper solmsianum*. Phytochemistry, v. 55, p. 843-846, 2000.
- <sup>30</sup> Lago JHG, Ramos CS, Casanova D, Morandim AA, Bergamo DC, Cavalheiro A, Bolzani V, Furlan M, Guimarães E, Young M, Kato MJ, Benzoic acid derivatives from *Piper* species and their fungotoxic activity against *Cladosporium cladosporioides* and *C. sphaerospermum*. Journal Product Natural, v. 67, p.1783-1788, 2004.
- <sup>31</sup> Baldoqui DC, Kato MJ, Cavalheiro AJ, Bolzani VS, Young MCM, Furlan M, A chromene and prenylated benzoic acid from *Piper aduncum*. Phytochemistry, v.51, p.889-902. 1999.
- <sup>32</sup> Andrade EHA, Zoghbi MG, Santos AS, Maia JGS, Essential oil of *Piper gaudichaudianum* Kunth and *P. regnellii* (Miq.) C.DC. Journal of Essential Oil Research, v. 10, p. 465-467, 1998.
- <sup>33</sup> Dyer LA, Richards JL, Dodson CD, Isolation, synthesis, and evolutionary ecology of *Piper* amides. In: Dyer LA, Palmer AN (eds.). *Piper*. A model genus for studies of

- evolution, chemical ecology, and trophic interactions. p. 117-139. Boston Kluwer Academic Publ. US. 2004.
- <sup>34</sup> Ramos CS, Ecologia Química de Insetos e Espécies Piperaceae. Tese, Instituto de Química da Universidade de São Paulo – SP. 168 p, 2006.
- <sup>35</sup> Lehninger AL, Nelson DL, Cox MM, Biossíntese de carboidrato. In: Simões AA, Lodi WRN, **Princípios de bioquímica**. 2.ed. São Paulo: Sarvier, 1995. p.444-476.
- <sup>36</sup> Krinski D, Massaroli A, Nymphicidal effect of vegetal extracts of *Annona mucosa* and *Annona crassiflora* (Magnoliales, Annonaceae) against rice stalk stink bug, *Tibraca limbativentris* (Hemiptera, Pentatomidae). Rev. Bras. Frutic. 2014, vol.36, n.spe1 , pp. 217-224 .
- <sup>37</sup> Coats JR, Mechanisms of toxic action and structure-activity relationships for organochlorine and synthetic pyrethroid insecticides. **Environmental Health. Perspectives**. v.87, p.255-262, 1990.
- <sup>38</sup> Lees G, Burt PE, Neurotoxic actions of a lipid amide on the cockroach nerve cord and on locust somata maintained in short-term culture: a novel preparation for the study of Na<sup>+</sup> channel pharmacology. Pesticid Sci 24:189–191, 1988.
- <sup>39</sup> Miyakado M, Nakayama I, Ohno N, Insecticidal unsaturated isobutylamides. From natural products to agrochemical leads. In: Insecticides of plant origin. Amer Chem Soc Symp Ser 387, Washington, DC, pp 173–187. 1989.
- <sup>40</sup> Elliott M, Farnham AW, Janes NF, Johnson DM, Pulman DA, Sawicki RM, Insecticidal amides with selective potency against a resistant (super-kdr) strain of houseflies (*Musca domestica* L.). Agric Biol Chem 50:1347–1349, 1986.
- <sup>41</sup> Álvarez-Colom O, Neske A, Popich S, Bardón A, Toxic effects of annonaceous acetogenins from *Annona cherimolia* (Magnoliales: Annonaceae) on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) **Journal Pesticide Science**. v.80, p.63-67, 2007.
- <sup>42</sup> González-Coloma A, Guadaño A, Inés C, Martínez-Díaz R, Cortés D, Selective action of acetogenin mitochondrial Complex I inhibitors. **Z Naturforsch** 57C, p.1028–1034, 2002.
- <sup>43</sup> Johnson HA, Orbelies NH, Alali FQ, McLaughlin JL, Thwarting resistance: annonaceous acetogenins as new pesticidal and ant tumor agents. In: Cutler SJ, Cutler HG, (eds.) **Biologically active natural products: pharmaceuticals**. Boca Raton, London, New York, Washington: CRC Press, 2000. p. 173-184.

- <sup>44</sup> Oliveira AC, Pereira MJB, Efeito antialimentar do extrato metanólico de *Annona crassiflora* Mart. sobre o percevejo marrom *Euschistus heros* (Fabr. 1798)(Heteroptera:Pentatomidae). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, n.2, p.2633-2636, 2009.
- <sup>45</sup> Wigglesworth V.B. 1972. The principles of insect physiology. Ed. Chapman e Hall, 7th ed., London, 827p.
- <sup>46</sup> Vafopoulou X., Steel C.G. 1989. Developmental and diurnal changes in ecdysteroid biosynthesis by prothoracic glands of *Rhodnius prolixus* (Hemiptera) in vitro during the last larval instar. *Gen. Comp. Endocrinol.* 74, 484-493.
- <sup>47</sup> Devillers J, Juvenile hormones and juvenoids: A historical survey, In: Juvenile hormones and juvenoids: modeling biological effects and environmental fate. Devillers J, (ed.), CRC Press, Boca Raton, FL, 2013, pp. 1–14.
- <sup>48</sup> Peres WAA, Corrêa-Ferreira BS, Potencial do óleo de Nim como inseticida vegetal no controle dos percevejos-pragas da soja (Hemiptera: Pentatomidae). *Revista Brasileira de Agroecologia*. v. 1, n. 1, p. 1651-1655, 2006.
- <sup>49</sup> Magalhães FB, Silva VP, Pereira MJB, Souza PT, Dall'oglio EL, Efeito do extrato hexânico de *Annona mucosa* Jacq. (Annonaceae) na mortalidade de ninfas do percevejo *Euschistus heros* F. (Heteroptera: Pentatomidae). *Anais: I Ciclo Nacional de Estudos de Biologia*, 2011. ISSN 2175-6392.
- <sup>50</sup> Souza EM, Cordeiro JR, Pereira MJB, Evaluation of insecticide activity of different extracts of *Annona coriacea* seeds over *Dichelops melacanthus*. *Rev. Bras. de Agroecologia*, v.2, n.2, p-1107-1110, 2007.
- <sup>51</sup> Riba M, Martí J, Sans A, Influence of *Azadirachta* on development and reproduction of *Nezara viridula* L. (Het., Pentatomidae). *Journal of Applied Entomology*, 127:37-41, 2003.
- <sup>52</sup> Abudulai M, Shepard BM, Mitchell PL, Antifeedant and Toxic Effects of a Neem (*Azadirachta indica* A. Juss)- Based Formulation Neemix® Against *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Entomological Science*, 38: 398-408, 2003.
- <sup>53</sup> Kotaki T, Shinada T, Numata H, Structure Determination of a Natural Juvenile Hormone Isolated from a Heteropteran Insect. *Psyche*, Volume 2012 p. 1-7, 2012.
- <sup>54</sup> Bernard CB, Philogene BJ, Insecticide synergists: role, importance, and perspectives. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, Whashington, v.38, p.199-223, 1993.

- <sup>55</sup> Jones DG, Piperonyl Butoxide: The Insect Synergist. Academic Press, London. 1998.
- <sup>56</sup> Scott IM, Puniani E, Durst T, Phelps D, Merali S, Assabgui RA, Sanchez-Vindas P, Poveda L, Philogène BJR, Arnason JT, Insecticidal activity of *Piper tuberculatum* Jacq. extracts: Synergistic interaction of piperamides. Agricultural and Forest Entomology 4:137–144, 2002.
- <sup>57</sup> Dyer LA, Dodson CD, Stireman JO, Tobler MA, Smilanich A M, Fincher RM, Letourneau DK, Synergistic effects of three *Piper* amides on generalist and specialist herbivores. Journal of Chemical Ecology 29:2499–2514, 2003.
- <sup>58</sup> Hodgson E, Levi PE, Interactions of piperonyl butoxide with cytochrome P450. In: Jones DG (ed) Piperonyl Butoxide: the insecticide synergist Academic Press, San Diego CA, pp 41–53, 1998.
- <sup>59</sup> Casida E, Mixed-function oxidase of insecticide synergists involvement in the biochemistry of insecticide synergists. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Easton, v.18, p. 753-772, 1970.
- <sup>60</sup> Mukerjee SK, Saxena VS, Tomar SS, New methylenedioxyphenyl synergists for pyrethrins. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 27, n. 2, p. 1209-1211, 1979.
- <sup>61</sup> Bernard CB, Arnason JT, Philogène BJR, Lam J, Waddell T, In vivo effect of mixtures of allelochemicals on the life cycle of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. Entomologia Experimentalis et Applicata, v. 57, n. 1, p. 17-22, 1990.
- <sup>62</sup> Arnason JT, Durst T, Philogène BJR, Prospection d'insecticides phytochimiques de plantes tempères et tropicales communes ou rares. In: Regnault-Roger C, Philogène BJR, Vincent C, (eds) Biopesticides d'origine végétale. Editions TEC and DOC, Paris pp 37–51, 2002.
- <sup>63</sup> Miyako M, Nakayama I, Ohno N, In: Insecticides of Plant Origin; Arnason JT, Philogène BJR, Morand P, (Eds.); ACS Symposium Series; Am. Chem. Soc.: Washington, DC, 1989; p. 387.
- <sup>64</sup> Lima RK, Cardoso MG, Moraes JC, Melo BA, Rodrigues VG, Guimarães PL, Atividade inseticida do óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) sobre lagarta-do-cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) . Acta Amazônica, v.39, n.2, p. 377-38, 2009
- <sup>65</sup> Wilkinson CF, Murray M, Marcus CB, Interactions of methylenedioxyphenyl compounds with cytochrome P450 and effects on microsomal oxidation. In Reviews

- in Biochemical Toxicology, Vol 6. eds Hodgson E, Bend JR, Philipot RM (Elsevier, Amsterdam, The Netherlands), pp 27–63, 1984.
- <sup>66</sup> Berenbaum MR, Postgenomic chemical ecology: from genetic code to ecological interactions. *Journal of Chemical Ecology*, New York, v. 28, n.5, p.873-896, 2002.
- <sup>67</sup> Bernard CB, Arnason JT, Philogène BJR, Lam J, Waddell T, Effects of lignans and other secondary metabolites of the Asteraceae on the PSMO activity of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. *Phytochemistry* 28:1371–1378, 1989.
- <sup>68</sup> Budzinski JW, Foster BC, Vandenhoeck S, Arnason JT, An in vitro evaluation of human cytochrome P450 3A4 inhibition by selected commercial herbal extracts and tinctures. *Phytomedicine* 7:273–282, 2000.
- <sup>69</sup> Scott IM, Jensen HR, Philogène BJR, Arnason JT, A review of *Piper* spp. (Piperaceae) phytochemistry, insecticidal activity and mode of action. *Phytochem Rev* v.7, p. 65-75, 2008.
- <sup>70</sup> Nascimento JC, Paula VF, David JM, David JP. Occurrence, biological activities and <sup>13</sup>C NMR data of amides from *Piper* (Piperaceae). *Quim. Nova*, Vol. 35, No. 11, 2288-2311, 2012.
- <sup>71</sup> Nelson AC, Kursar TA, Interactions among plant defense compounds: A method for analysis. *Chemoecology* v.9, p.81–92, 1999.
- <sup>72</sup> Cruz GS, Wanderley-Teixeira V, Oliveira JV, Correia AA, Breda MO, Alves TJS, Cunha FM, Teixeira AAC, Dutra KA, Navarro DMAF, Bioactivity of *Piper hispidinervum* (Piperales: Piperaceae) and *Syzygium aromaticum* (Myrtales: Myrtaceae) oils, with or without formulated *Bta* on the biology and immunology of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*, v.107, n.1, p.144-153. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/EC13351>
- <sup>73</sup> Harborne JB, Introduction to Ecological Biochemistry. Academic Press, San Diego, California, 1988.
- <sup>74</sup> Ayres MP, Clausen TP, MacLean J, Redman AM, Reichardt PB, Diversity of structure and antiherbivore activity in condensed tannins. *Ecology* v.78, p.1696–1712, 1997.
- <sup>75</sup> Richards LA, Dyer LA, Smilanich AM, Dodson CD, Synergistic effects of amides from two *Piper* species on generalist and specialist herbivores. *J Chem Ecol* v.36, p.1105–1113, 2010.

- <sup>76</sup> Gut LJ, Isaacs R, Schilder AC, McManus PS, Managing the Community of Pests and Beneficials. In: Landis JN, Sanchez JE, Lehnert RH, Edson CE, Bird GW, Swinton SM, Fruit Crop Ecology and Management, Chapter 2, 101p. 2002.
- <sup>77</sup> Entomological Society of America. "Entomologists update definitions to tackle resistance to biotech crops, pesticides." ScienceDaily. ScienceDaily, 3 March 2014. <[www.sciencedaily.com/releases/2014/03/140303084414.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2014/03/140303084414.htm)>.
- <sup>78</sup> Koul O, Walia S, Dhaliwal GS, Essential Oils as Green Pesticides: Potential and Constraints. *Biopesticides International*, 4(1): 63–84 (2008).
- <sup>79</sup> Isman, M.B. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*, v.19, p.603-608, 2000.
- <sup>80</sup> TRIPATHI, A. K.; UPADHYAY, S.; BHUIYAN, M.; BHATTACHARYA, P. R. A review on prospects of essential oils as biopesticide in insect-pest management. *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy*, v. 1, n. 5, p. 52-63, 2009.
- <sup>81</sup> Kato MJ, Furlan M, Chemistry and evolution of the Piperaceae. *Pure Appl. Chem.*, Vol. 79, No. 4, pp. 529–538, 2007. doi:10.1351/pac200779040529

## Epílogo

Os resultados apresentados na tese fornecem informações importantes sobre o complexo de artrópodes (pragas e inimigos naturais) presentes na cultura de arroz de terras altas cultivado na região norte do Brasil, considerada uma das novas fronteiras agrícolas do país. O levantamento da artropodofauna demonstrou que os principais insetos encontrados condiz com o que já se conhece para outras regiões produtoras de arroz no Brasil, principalmente pelos padrões e flutuações populacionais observados para os lepidópteros e pentatomídeos pragas. Mesmo assim, o inventário propiciou novas informações, como o primeiro registro de ocorrência de insetos com potencial importância econômica, como o pentatomídeo *Hypatropis inermis*, que foi coletado se alimentando dos colmos das plantas de arroz, e também a coleta de possíveis espécies novas para a ciência, como pôde ser verificado para espécies de parasitoides (*Telenomus* sp. e *Trissolcus* sp.) e de um percevejo predador (Pentatomidae, Asopinae, gênero nov.).

A simulação do ataque de pragas desfolhadoras em cultivo de arroz permitiu mensurar o nível de desfolha que a cultura pode suportar em cada estágio fenológico e também permitiu quantificar a perda de produtividade. As porcentagens de danos em todos os estádios analisados aumentaram a partir das desfolhas de 25%, e foram maiores quando as desfolhas ocorreram nos estádios vegetativos. Já as desfolhas de até 50% no estágio reprodutivo não interferiram na quantidade de grãos cheios, total de espiguetas por panículas e massa dos grãos cheios por panícula, e desta forma, deve-se evitar o controle químico nestas condições.

Nosso estudo também avaliou os danos ocasionados, em condições de campo, por diferentes níveis de infestação de adultos de *T. limbativentris* e *O. poecilus* em diferentes estádios fenológicos de arroz de terras altas. Com os resultados, sugere-se a manutenção do nível de infestação já relatado na literatura para tomada de decisão visando o controle de *T. limbativentris* (entre 1 e 2 percevejos por 15 colmos amostrados) e acrescenta-se que o monitoramento da lavoura deve ocorrer durante todo o estágio vegetativo, uma vez que foi nesta fase fenológica que os maiores danos foram observados. No entanto, para *O. Poecilus*, os níveis de infestação para se iniciar o controle devem ser revistos, levando em conta também, as infestações que antecedem a fase leitosa dos grãos, uma vez que em nosso trabalho foi a fase com maior porcentagem de danos.

Considerando os danos causados pelos principais percevejos pragas, experimentos com plantas fitoinseticidas da família Piperaceae foram realizados visando buscar métodos alternativos para uma agricultura menos impactante ao meio ambiente. Após os bioensaios para verificar a ação ovicida e ninficida de óleos essenciais de diversos tecidos vegetais de cinco espécies de piperáceas sobre o percevejo-do-colmo do arroz, *Tibraca limbativentris*, verificou-se que todas as espécies de Piperaceae apresentaram algum nível de atividade fitoinseticida. Esta característica pode estar relacionada com a potencial toxicidade dos principais compostos químicos encontrados em cada espécie e parte vegetal, com destaque para os compostos dilapiol, miristicina, cubebene,  $\alpha$ -guaiene, longifolene, prezizane, spathulenol, sabinene e  $\delta$ -2-carene.

Outra característica importante, é que as espécies de plantas utilizadas em nosso trabalho foram coletadas em várias regiões brasileiras, demonstrando que pode-se empregar espécies encontradas em diferentes localidades para sua utilização no manejo integrado de pragas. No entanto, apesar do aumento das pesquisas visando encontrar novos fitoinseticidas, muito pouco esforço tem sido devotado ao conhecimento dos efeitos dessas plantas, e por isso a reavaliação de estratégias e táticas de controle de insetos é atualmente uma das principais preocupações de vários pesquisadores. Ao mesmo tempo, há um crescente interesse por produtos orgânicos, livres de agrotóxicos, bem como a conscientização de produtores e consumidores levando-os a atitudes ecologicamente corretas. Todos estes aspectos impulsionam a busca por produtos alternativos que não agredam o ambiente. Assim, o potencial para estudos de bioprospecção, como o isolamento dos principais constituintes fitoinseticidas das piperáceas e consequente síntese desses compostos se faz necessário, podendo inclusive agregar valor para as espécies vegetais nativas.

Considerando o crescente interesse de práticas agrícolas tidas como biorracionais, as informações sobre o complexo de insetos pragas e benéficos em arroz de terras altas, além dos dados sobre a utilização de plantas fitoinseticidas contidas na tese podem ser úteis para a elaboração de planos de manejo nas principais regiões produtoras de arroz do Brasil. Outrossim, as informações provenientes dos resultados aqui apresentados devem originar novas hipóteses a serem testadas, contribuindo para futuros estudos em novas áreas que cultivam arroz.



## Apêndices

**Contém figuras relacionadas à tese.**

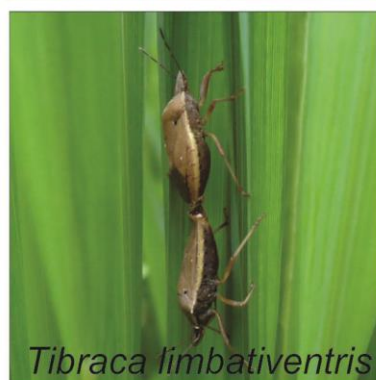
## Plantação de arroz de terras altas





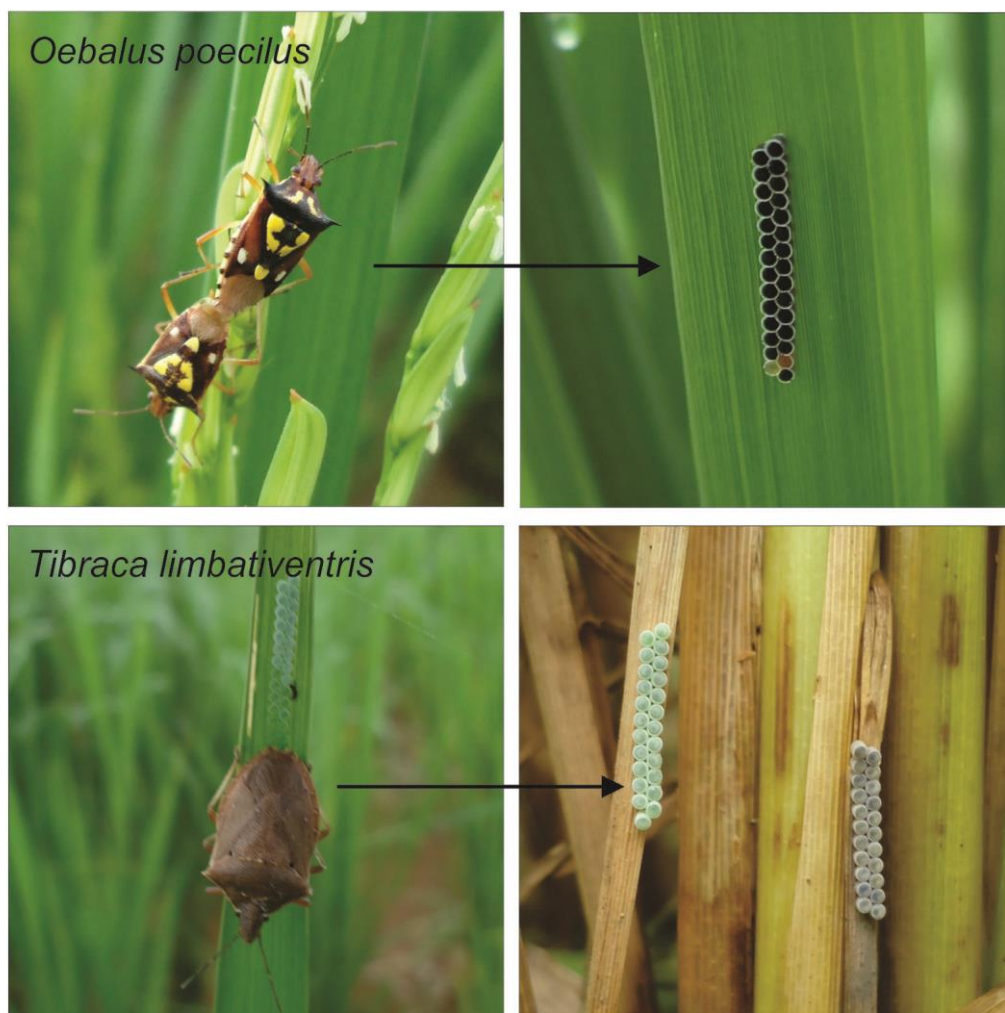
## Danos causados nas plantas de arroz



**Hemiptera (fitófagos)***Oebalus poecilus**Mormidea maculata**Tibraca limbativentris*



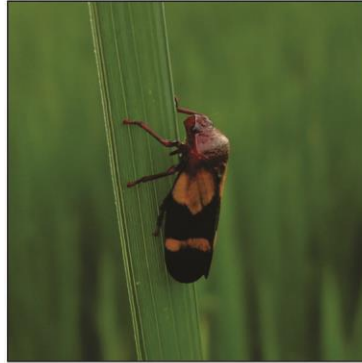
## Percevejos e suas posturas



## Hemiptera (predadores)

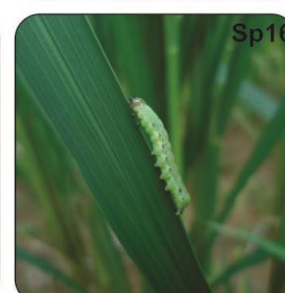
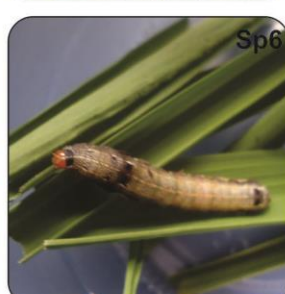


## Homoptera





## Lepidoptera (lagartas)





**Lepidoptera (lagartas e adultos identificados)**



*Mocis latipes*  
(Noctuidae)



*Panoquina ocola ocola*  
(Hesperiidae)



*Nyctelius nyctelius nyctelius*  
(Hesperiidae)



*Perichares philetes ssp.*  
(Hesperiidae)

Lepidoptera (adultos coletados e identificados)



*Heliopetes arsalte*  
(Hesperiidae)



*Corticea corticea*  
(Hesperiidae)

## Orthoptera





## Coleoptera



## Hymenoptera





**Araneae**

## Dermaptera



**Hymenoptera (parasitoides de ovos)***Telenomus* sp.

fêmea



macho

*Trissolcusp* sp.

fêmea



macho



sp 20.

fêmea



macho



sp 22.

fêmea



macho



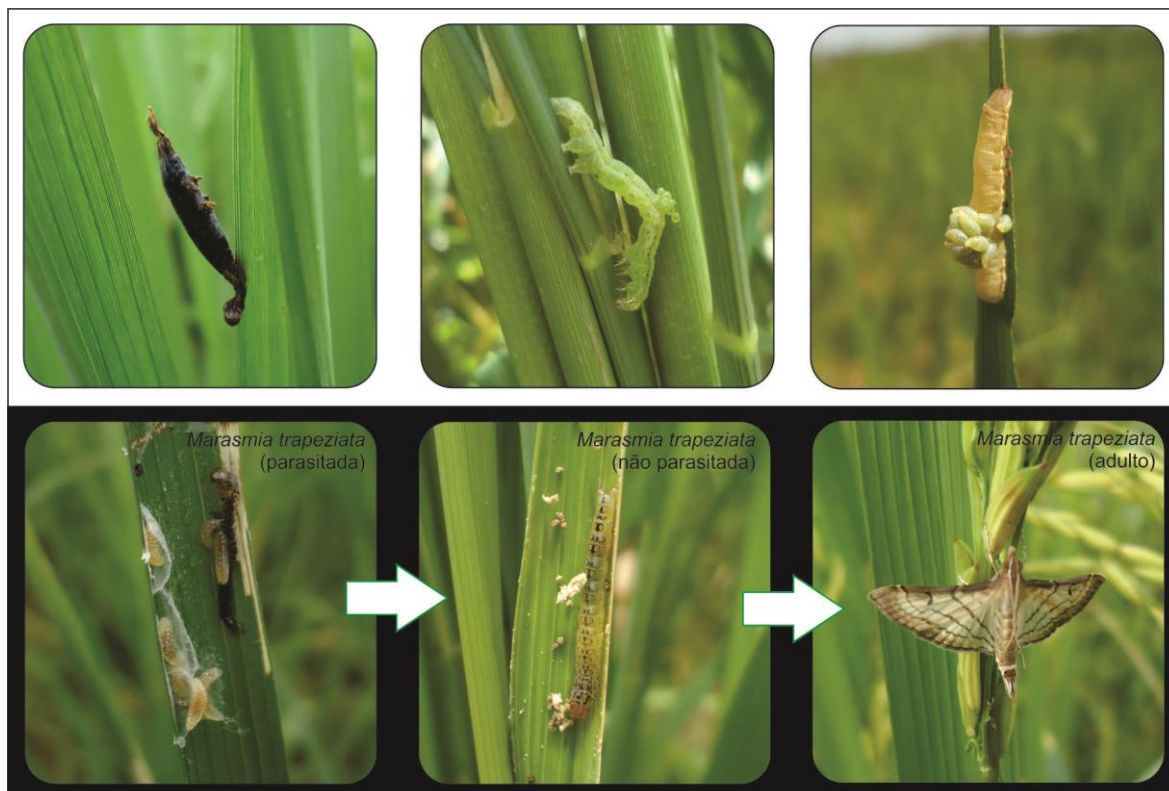


# Hymenoptera (outros parasitoides)



**Diptera (parasitoides)**

## Lepidoptera (parasitadas)





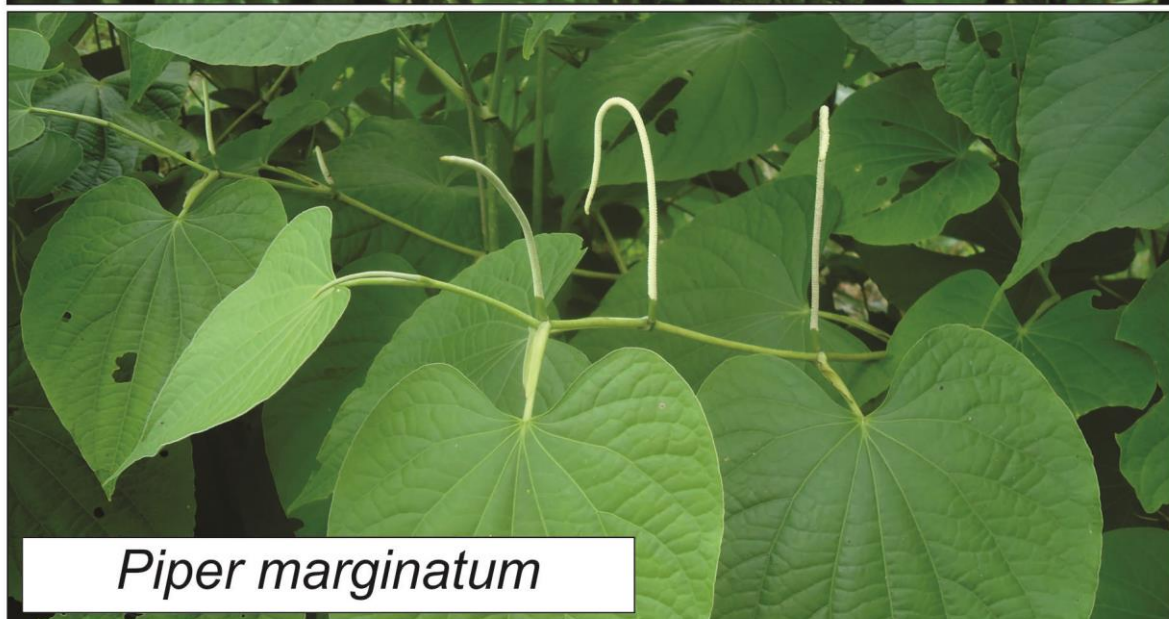
Espécies de Piperaceae coletadas no estado de Mato Grosso



Espécies de Piperaceae coletadas no estado do Pará



*Piper malacophyllum*



*Piper marginatum*

**Espécie de Piperaceae coletada no estado do Paraná**



*Piper gaudichaudianum*



## Anexos

### **Normas das Revistas Científicas (Instruções aos autores)**



Revista Brasileira de  
Entomologia

### Scope and policy

The **Revista Brasileira de Entomologia** (RBE) edited on behalf of the Sociedade Brasileira de Entomologia (SBE), publishes original peer-reviewed papers in Entomology, focusing on systematics, diversity, and evolution of insects. The RBE also maintains sections for short communications, book reviews, and announcements of general interest. Points of view or reviews may be published, by invitation of the Editorial Board. Due to current editorial policies, it is given priority to papers with innovative approach and represents a more solid contribution to knowledge of focused groups, including a more detailed discussion of thematic field, under a comparative approach.

There are no page charges when at least one of the authors is a member of SBE. If no author is a member of SBE, there is a publication fee of R\$ 50,00 per published page to Brazilian authors and US\$ 25 per page published to foreign authors. For manuscripts with more than three authors. For manuscripts with more than three authors, the publication fee will be, respectively, R\$ 100,00 and US\$ 50. Opens access to online edition ([www.scielo.br/rbent](http://www.scielo.br/rbent)) is free of charge.

Authors will pay an additional fee of R\$ 100,00 (US\$ 100) per color plate in the print edition. However, publication of color figures and photographs in the online edition is free of charge (black and white in the print version).

Manuscripts should preferably be in English. Also, manuscript length should not exceed 120 pages, including figures. In case of longer manuscripts, the authors should consult the Editorial Board previously to submission.

### Form and preparation of manuscripts

The manuscripts should be submitted online at the address <http://mc04manuscriptcentral.com/rbent-scielo>. The main document should be edited preferably in Microsoft Word®, on A4 size paper, double spaced, and using Times New Roman font size 12; the right margin should not be justified and the pages should be numbered consecutively. The font Times New Roman should also be used for labeling figures and graphs. Only graphs and tables should be incorporated to the text file, at the end.

The main document should have a title page containing the title and name(s) of author(s) followed by number(s) for remission to the footnote. The footnote should contain the complete address(es) of the author(s), including e-mail, and other pertinent information, if necessary. Words entirely in upper case should not be employed, except as indicated below. The ABSTRACT should have a maximum of 250 words, presented as one paragraph, (the title of the paper must also be included at the beginning of the Abstract); KEYWORDS, in English, organized alphabetically and at most five keywords; Words already included in the title and abstract should not be used as keywords.

Scientific names should be followed by author and date of publication at the first mention of these taxa in the manuscript. Genus- and species-group names must be written using *italics*. Any other markings or signs as to emphasize or call attention should not be used. The Editorial Board will decide on how to proceed for particular cases in manuscripts of subject areas other than Systematics, Morphology and Biogeography.

In the text, the references should be written as follows: Canhedo (2004); (Canhedo 2003, 2004); (Canhedo 2004; Martins & Galileo 2004); Parra *et al.* (2004); Parra *et al.* (2004); Martins & Galileo (2003a); (martins & Galileo 2003a,b).

Illustrations - photographs, drawings, graphs and maps are called figures and should be numbered consecutively (using Arabic numerals) and, preferably, in the same sequence in which they are referred to in the text. Scale-bars should be positioned either vertically or horizontally. Tables (numbered with Roman numerals) should be presented in separate pages at the end of the manuscript. If necessary, graphs may also be included in the main document at the end. Illustrations files must be uploaded separately from the main document, with at least 300 dpi for color images and 600 dpi for bitmap and black and white images, in tiff or low compression jpeg format.



Preferred placement for tables and illustrations may be indicated in the text. Figure numbers should be in Times New Roman font size 11 and positioned at the lower right corner. Labeling applied to figures (numbers, letters and words) should also be in Times New Roman and in an appropriate size in order that, after reduction, they remain clearly visible without becoming more prominent than the illustrations themselves. The Editorial Board can make small modifications or ask the author(s) for a new plate. Figure legends should be included in the main document.

The ACKNOWLEDGEMENTS should be placed at the end of the text, immediately preceding the REFERENCES. Authors are encouraged to be succinct. Use the following examples when preparing the REFERENCES section:

1. Journals (the title of the journal should be cited in full, using bold-face type):

Galeano-Olaya, P.E. & Canal, N.A. 2012. New species of *Neosilla* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae) and new records from Colombia. **Papéis Avulsos de Zoologia** 52: 361-385.

Silveira, O.T., Silva, S.S., Pereira, J.L.G. & Tavares, I.S. 2012. Local-scale variation in diversity of social wasps in na Amazonian rain Forest in Caxiuanã, Pará, Brazil (Hymenoptera, Vespidae, Polistinae). **Revista Brasileira de Entomologia** 56: 329-346.

2. Books.

Michener, C.D. 2007. **The Bees of the World**. Baltimore. The Johns Hopkins University Press, xiv+913 p.

3. Book Chapters

Camargo, J.M.F. & Pedro, S.R.M. 2007. Meliponini Lepeletier, 1836, p.272–578. In: Moure, J.S., Urban, D. & Melo, G.A.R (Orgs.). **Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region**. Curitiba, Sociedade Brasileira de Entomologia, xiv+1058 p.

4. Internet sites:

Gilligan, T.M., Baixeiras, J., Brown, J.W. & Tuck, K.R. 2012. T@RTS: Online Word Catalogue of the Tortricidae (Ver. 2.0). Available at: <http://www.tortricid.net/catalogue.asp> (accessed 25 November 2012).

Antbase. 2012. Available at: <http://www.antweb.org> (accessed 21 April 2012).

Citations of meeting abstracts and unpublished theses and dissertation should be avoided. In the Short Communications, the text should not be divided in subsections. An Abstract and Keywords must be provided.

RBE encourages authors to deposit voucher and type specimens in public museums or permanent University collections. It is advisable that authors, at time of submission, clearly state in the manuscript where their material is expected to be deposited. Labeling and proper indication of voucher specimens are the author's responsibility.

Page proofs are sent to the corresponding author and should be returned, with the necessary corrections, at the indicated deadline.

The author(s) is (are) entirely responsible for the scientific content of the paper, as well as for proper application of grammatical rules. Ten (10) reprints will be provided, free of charge, for each published paper, regardless of the number of authors.

Authors are encouraged to look at the latest issues of the RBE to check current format and layout. When submitting the manuscript, the author may potential reviewers. Please, include the complete name, mailing and electronic addresses. The choice of reviewers, however, remains with the Editors.

## Sends manuscript to

Sends manuscript to:

<http://mc04.manuscriptcentral.com/rbent-scielo>

E-mail: [rbe@ufpr.br](mailto:rbe@ufpr.br)

Phone/FAX: 55 (41) 3266-0502

Address:

Revista Brasileira de Entomologia/Editor-in-Chief

Gabriel Augusto Rodrigues de Melo

Departamento de Zoologia - UFPR

Caixa Postal 19030

81531-980, Curitiba, PR

# Neotropical Entomology

Neotropical Entomology

## Instructions for Authors

### Manuscript Submission

#### Legal Requirements

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

#### Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

#### Online Submission

Authors should submit their manuscripts online. Electronic submission substantially reduces the editorial processing and reviewing times and shortens overall publication times. Please follow the hyperlink "Submit online" on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

Upon submission, the e-mail addresses of all authors will be requested. At the end of the submission process, the corresponding author will receive an acknowledgement e-mail and all co-authors will be contacted automatically to confirm their affiliation to the submitted work.

#### Sections

Submissions to the following sections will be taken into consideration:

'Forum', 'Ecology, Behavior and Bionomics', 'Systematics, Morphology and Physiology', 'Biological Control', 'Pest Management', 'Public Health', 'Scientific Notes'.

#### English Language Editing

Manuscripts that are accepted for publication will be checked by our copyeditors for spelling and formal style. This may not be sufficient if English is not your native language and substantial editing would be required. In that case, you may want to ask a native speaker to help you or arrange for your manuscript to be checked by a professional language editor prior to submission. A clear and concise language will help editors and reviewers concentrate on the scientific content of your paper and thus smooth the peer review process. The following editing service provides language editing for scientific articles in medicine, biomedical and life sciences, chemistry, physics, engineering, business/economics, and humanities. Please contact the editing service directly to make arrangements for editing and payment.

Edanz Editing Global: <http://www.edanzediting.com/springer>

Edanz will charge authors directly for these language polishing services.

Use of an editing service is neither a requirement nor a guarantee of acceptance for publication.

## Title Page

The title page should include:

- The section to which your article belongs to.
- A concise and informative title.
- The name(s) of the author(s) – left-justified below the title; only initials of the first and middle names of authors are provided followed by their last names in full. Names of different authors are separated by a comma. Do not use "and" or "&" to separate different authors.
- The affiliation(s) of the author(s).
- The complete name, the regular and e-mail addresses, telephone and fax numbers of the corresponding author only.
- A running title no longer than 65 characters.

#### Abstract

Please provide a one-paragraph long abstract of up to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

#### Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

## Text

### Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

- Set page as A4 size and margins at 1 inch.
- Use a normal, plain font (e.g., 12-point Times Roman) for text.
- Lines must be double spaced.
- The name of insect and mite species must be written in full and followed by the species author when first mentioned in the Title, Abstract and Main Text.
- Use italics for emphasis.

- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.
- Note: If you use Word 2007, do not create the equations with the default equation editor but use the Microsoft equation editor or MathType instead.
- Save your file in doc format. Do not submit docx files.

## Headings

Please use no more than three levels of displayed headings. Headings in bold, sub-headings of the second level in roman, and level 3 sub-headings in italic font type.

## Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

## Scientific Names

Write scientific names in full, followed by the author's name (for insect and mite species), whenever they first appear in the Abstract and Main text. Names should also be listed in full at the beginning of a paragraph or sentence. E.g., *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Use the abbreviated generic name (e.g., *S. frugiperda*) in the rest of the paper, except in tables and figures, where the name should be in full.

## Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables. Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols. Always use footnotes instead of endnotes.

## Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

## References

### Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. References to more than one publication are chronologically ordered, separated by commas. Use '&' for two authors and italicized 'et al' for more than two authors. Some examples:

Negotiation research spans many disciplines (Panizzi 1990).

This result was later contradicted by Parra & Zucchi (2006).

This effect has been widely studied (Vilela 1991, Moscardi et al 1995, Frey da Silva & Grazia 2006, Moscardi et al 2009).

### Reference List

Type references in alphabetical order, one per paragraph, with no space between them. The authors' last names are typed in full, followed by capital initials. Use a comma to separate the names of authors. Add the reference year after the authors' names, between parentheses. Always use the standard abbreviation of a journal's name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see [www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php](http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php). Please avoid citations of dissertations, theses and extension materials. Do not cite restricted-circulation materials (such as institutional documentation and research reports), partial research reports or abstracts of papers presented at scientific meetings.

#### ○ Journal article

Warner KD (2012) Fighting pathophobia: how to construct constructive public engagement with biocontrol for nature without augmenting public fears. *BioControl* 57:307–317

#### ○ Article by DOI

Grosman AH, Janssen A, Brito EF, Cordeiro EG, Colares F, Fonseca JO, Lima ER, Pallini A, Sabelis MW (2008) Parasitoid increases survival of its pupae by inducing hosts to fight predators. *PLoS ONE* 3(6):e2276. doi:10.1371/journal.pone.0002276

#### ○ Book

Carey JR (1993) *Applied demography for biologists with special emphasis on insects*. Oxford University Press, New York, p 206

#### ○ Book chapter

Datnoff LE, Seebold KW, Correa FJ (2001) The use of silicon for integrated disease management reducing fungicide applications and enhancing host plant resistance. In: Datnoff LE, Snyder GH, Korndorfer GH (eds) *Silicon in agriculture*. Elsevier Science, Amsterdam, pp 209–219

#### ○ Online document

Monteiro RC, Lima EFB (2011) *Thysanoptera of Brazil*. <http://www.lea.esalq.usp.br/thysanoptera/> Accessed 25 Nov 2011

#### ○ Dissertation

Nihei SS (2004) *Sistemática e biogeografia de Muscini (Diptera, Muscidae)*. PhD. Thesis, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, p 203

## Tables

All tables are to be numbered using Arabic numerals.

Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.

For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.

Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.

Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

## Artwork

For the best quality final product, it is highly recommended that you submit all of your artwork – photographs, line drawings, etc. – in an electronic format. Your art will then be produced to the highest standards with the greatest accuracy to detail. The published work will directly reflect the quality of the artwork provided.

### Electronic Figure Submission

Supply all figures electronically.

Indicate what graphics program was used to create the artwork.

For vector graphics (line art), the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MS Office files are also acceptable.

Vector graphics containing fonts must have the fonts (Calibri type) embedded in the files.

Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

### Line Art

Definition: Black and white graphic with no shading.

Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.

All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.

Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.

Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

### Halftone Art

Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.

If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.

Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

### Combination Art

Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.

Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

### Color Art

Color art is free of charge for online publication.

If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.

If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.

Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

### Figure Lettering

To add lettering, please use Calibri font only.

Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).

Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.

Avoid effects such as shading, outline letters, etc.

Do not include titles or captions within your illustrations.

### Figure Numbering

All figures are to be numbered using Arabic numerals.

Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.

Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).

If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

### Figure Captions

Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file. Figure captions begin with the term Fig followed by a space and the figure number, both in roman type (e.g., Fig 1). No punctuation is to be included after the number. Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs. Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

### Figure Placement and Size

When preparing your figures, size figures to fit in the column width. Figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.

### Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

### Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that:

- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text- to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (color-blind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

### Electronic Supplementary Material

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

## Submission

Supply all supplementary material in standard file formats. Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author. To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

## Audio, Video, and Animations

Always use MPEG-1 (.mpg) format.

## Text and Presentations

Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability. A collection of figures may also be combined in a PDF file.

## Spreadsheets

Spreadsheets should be converted to PDF if no interaction with the data is intended.

If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should be submitted as .xls files (MS Excel).

## Specialized Formats

Specialized format such as .pdb (chemical), .vrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

## Collecting Multiple Files

It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

## Numbering

If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables. Refer to the supplementary files as "Online Resource", e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4". Name the files consecutively, e.g. "ESM\_3.mpg", "ESM\_4.pdf".

## Captions

For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

## Processing of supplementary files

Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

## Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that:

- The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material.
- Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk).

## After acceptance

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer's web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice, offprints, or printing of figures in color. Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

## Open Choice

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer's online platform SpringerLink.

## copyright transfer

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws. Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, the author(s) agree to publish the article under the Creative Commons Attribution License.

## Offprints

Offprints can be ordered by the corresponding author.

## Color Illustrations

Online publication of color illustrations is free of charge. For color in the print version, authors will be expected to make a contribution towards the extra costs.

## Proof Reading

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor. After online publication, no further changes can be made to the article. Scientific errors can be corrected by means of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

## Online First

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.



<http://www.springer.com/journal/13744>

Neotropical Entomology  
Editor-in-Chief: Cõnsoli, F.L.  
ISSN: 1519-566X (print version)  
ISSN: 1678-8052 (electronic version)  
Journal no. 13744



Journal of Pest Science

### Instructions for Authors - Types of papers

- **Original Papers**  
Original papers report of research projects which yield valuable insights into topics within our coverage. Original articles are limited to 7,000 words per article (all text excluding tables and figure legends). Authors are reminded that electronic supplementary material can be published in the electronic edition of this journal to provide additional information for readers.
- **Methodological Papers**  
“Journal of Pest Science” publishes new methodological developments of wide significance to the field of pest sciences as Methodological Papers. The scope of these articles embraces all methodological stages of investigations (i.e. study design, collection of data, analysis). Methodological Papers are typically shorter than standard contributions and should not exceed 5,000 words.
- **Commentaries**  
Comments on published papers, principally those published in “Journal of Pest Science”, will be considered by the editors and published after consultation and possible rebuttal by the original authors(s). Such manuscripts should not exceed 2,000 words.
- **Review Articles**  
The editors invite reviews from those who have major contributions to make to the field of pest sciences. Reviews should normally not exceed 8,000 words. Although review papers are usually solicited, also non-solicited reviews will be considered and authors wishing to present such papers should contact the Reviews Editor in advance.
- **Rapid Communications**  
Rapid communication articles provide an outlet for shorter studies which report on novel findings addressing topics which are of imminent importance for pest control and which therefore need to be published rapidly. Rapid communication papers are shorter than original papers and should not exceed 4,000 words. These articles will be fast-tracked both in terms of peer-review and publication.

### Specific Remark

Authors of Reviews and Guest Editorials are invited to supply a brief biographical summary (between 50 and 100 words) and a black and white glossy photograph, passport-sized.

### Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

### Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

### Online Submission

Authors should submit their manuscripts online. Electronic submission substantially reduces the editorial processing and reviewing times and shortens overall publication times. Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

### Language

Manuscripts that are accepted for publication will be checked by our copyeditors for spelling and formal style. This may not be sufficient if English is not your native language and substantial editing would be required. In that case, you may want to ask a native speaker to help you or arrange for your manuscript to be checked by a professional language editor prior to submission. A clear and concise language will help editors and reviewers concentrate on the scientific content of your paper and thus smooth the peer review process. The following editing service provides language editing for scientific articles in medicine, biomedical and life sciences, chemistry, physics, engineering, business/economics, and humanities

- Edanz Editing Global

Please contact the editing service directly to make arrangements for editing and payment. Use of an editing service is neither a requirement nor a guarantee of acceptance for publication.

### Title Page

The title page should include:

- The name(s) of the author(s)
- A concise and informative title
- The affiliation(s) and address(es) of the author(s)

- The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

## Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

## Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

## Key Message

(limit 80 words): Please summarize the main achievement of your work, above and beyond what may have been conveyed in the manuscript title in bullet point style. In brief, the Key Message should state why the work was conducted (knowledge gap(s) as well as key question(s) and/or hypotheses tested) and highlight the main finding(s) and the conclusions derived from this study. The latter should address the wider implications of the work and the relevance for pest control. All text should be generic, seminal and understandable to non-specialists. The Key Message should be part of your submitted manuscript and will be published in front of the Abstract.

## Author Contribution Statement

Authors must provide a short description of the contributions made by each listed author (please use initials). This will be published in a separate section in front of the Acknowledgments. For example: AM and DB conceived and designed research. AM and BB conducted experiments. GR contributed new reagents and/or analytical tools. AM, BB and GR analyzed data. AM wrote the manuscript. All authors read and approved the manuscript.

## Text Formating

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.
- Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).
- MANUSCRIPTS WITH MATHEMATICAL CONTENT CAN ALSO BE SUBMITTED IN L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X.
- [LaTeX macro package \(zip, 182 kB\)](#)

## Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

## Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

## Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables. Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols. Always use footnotes instead of endnotes.

## Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

## Specific Remarks

- Please arrange the main body of your manuscript for Original and Methodological Papers as follows (Commentaries and Reviews have a more flexible format):
  - Introduction  
State the reason for your study, the context and the hypotheses being tested.
  - Materials and Methods  
Include sufficient details for the work to be repeated.
  - Results  
State the results, drawing attention to important details in tables and figures.
  - Discussion  
Point out the importance of the results and place them in the context of previous studies and in relation to the application of the work. Within a conclusion at the end of the discussion synthesize the paper's general contribution to pest sciences and its importance to sustainable pest control. Where appropriate, set out recommendations for management or policy.
- Genus and species names should be in italics.
- Units and symbols: Temperatures may be expressed in degrees Celsius, time in seconds (s), minutes (min), hours (h), days, etc. Otherwise, the International System of Units (SI, *Système International d'Unités*) should be used wherever possible. [Consult, e.g., U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, Special Publication 330, *The International System of Units*, latest edition].
- Use the automatic page numbering function to number the pages and number all lines consecutively.

## References

### Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

- Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).
- This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999).

### Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list. Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work.

- **Journal article**  
 Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8  
 Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of "et al" in long author lists will also be accepted:  
 Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 341:325-329
- **Article by DOI**  
 Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med.* doi:10.1007/s001090000086
- **Book**  
 South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London
- **Book chapter**  
 Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257
- **Online document**  
 Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007
- **Dissertation**  
 Trent JW (1975) *Experimental acute renal failure*. Dissertation, University of California  
 Always use the standard abbreviation of a journal's name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see
- **ISSN.org LTWA**  
 For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text citations and reference list.
- **ENDNOTE STYLE (ZIP, 2 kB)**

## Tables

- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

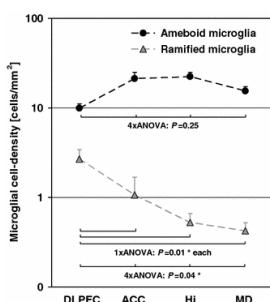
## Artwork and Illustrations Guidelines

For the best quality final product, it is highly recommended that you submit all of your artwork – photographs, line drawings, etc. – in an electronic format. Your art will then be produced to the highest standards with the greatest accuracy to detail. The published work will directly reflect the quality of the artwork provided.

### Electronic Figure Submission

- Supply all figures electronically.
- Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MSOffice files are also acceptable.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

## Line Art



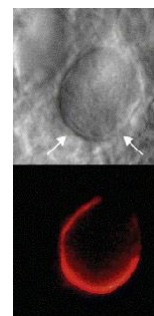
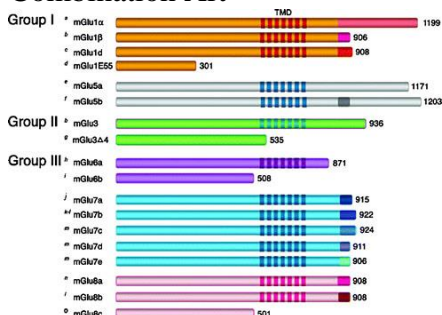


- Definition: Black and white graphic with no shading.
- Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

## Halftone Art

- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

## Combination Art



- Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

## Color Art

- Color art is free of charge for online publication.
- If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
- If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

## Figure Lettering

- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- Do not include titles or captions within your illustrations.

## Figure Numbering

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

## Figure Captions

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

## Figure Placement and Size

- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.
- For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

## Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

## Accessibility

- In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that
- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (colorblind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

## Supplementary Material

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

## Submission

- Supply all supplementary material in standard file formats.
- Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

## Audio, Video, and Animations

- Always use MPEG-1 (.mpg) format.

## Text and Presentations

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

## Spreadsheets

- Spreadsheets should be converted to PDF if no interaction with the data is intended.
- If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should be submitted as .xls files (MS Excel).

## Specialized Formats

- Specialized format such as .pdb (chemical), .vrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

## Collecting Multiple Files

- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

## Numbering

- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- Refer to the supplementary files as "Online Resource", e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4".
- Name the files consecutively, e.g. "ESM\_3.mpg", "ESM\_4.pdf".

## Captions

- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

## Processing of supplementary files

- Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

## Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

- The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material
- Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

## Conflict of interest

All benefits in any form from a commercial party related directly or indirectly to the subject of this manuscript or any of the authors must be acknowledged. For each source of funds, both the research funder and the grant number should be given. This note should be added in a separate section before the reference list. If no conflict exists, authors should state: The authors declare that they have no conflict of interest.

## Does Springer provide English language support?

Manuscripts that are accepted for publication will be checked by our copyeditors for spelling and formal style. This may not be sufficient if English is not your native language and substantial editing would be required. In that case, you may want to have your manuscript edited by a native speaker prior to submission. A clear and concise language will help editors and reviewers concentrate on the scientific content of your paper and thus smooth the peer review process. The following editing service provides language editing for scientific articles in all areas Springer publishes in:

- [Edanz English editing for scientists](#)

Use of an editing service is neither a requirement nor a guarantee of acceptance for publication. Please contact the editing service directly to make arrangements for editing and payment.

- [Edanz English editing for scientists](#)

## For Authors from China

文章在投稿前进行专业的语言润色将对作者的投稿进程有所帮助。作者可自愿选择使用Springer推荐的编辑服务，使用与否并不作为判断文章是否被录用的依据。提高文章的语言质量将有助于审稿人理解文章的内容，通过对学术内容的判断来决定文章的取舍，而不会因为语言问题导致直接退稿。作者需自行联系Springer推荐的编辑服务公司，协商编辑事宜。

- [理文编辑](#)

## For Authors from Japan

ジャーナルに論文を投稿する前に、ネイティブ・スピーカーによる英文校閲を希望されている方には、Edanz社をご紹介します。サービス内容、料金および申込方法など、日本語による詳しい説明はエダンググループジャパン株式会社の下記サイトをご覧ください。

- [エダンググループジャパン](#)

## For Authors from Korea

영어 논문 투고에 앞서 원어민에게 영문 교정을 받고자 하시는 분들께 Edanz 회사를 소개해 드립니다. 서비스 내용, 가격 및 신청 방법 등에 대한 자세한 사항은 저희 Edanz Editing Global 웹사이트를 참조해 주시면 감사하겠습니다.

- [Edanz Editing Global](#)

## After acceptance

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer's web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice, offprints, or printing of figures in color. Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

## Open Choice

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer's online platform SpringerLink.

- [Springer Open Choice](#)

## Copyright transfer

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws. Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, the author(s) agree to publish the article under the Creative Commons Attribution License.

## Offprints

Offprints can be ordered by the corresponding author.

## Color illustrations

Online publication of color illustrations is free of charge. For color in the print version, authors will be expected to make a contribution towards the extra costs.

## Proof reading

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor. After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

## Online First

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.



## Journal of Economic Entomology

### ESA Style Guide

Find everything you need to know about writing and formatting your manuscript for *Annals of the ESA*, *Environmental Entomology*, *Journal of Economic Entomology*, *Journal of Medical Entomology*, and *American Entomologist*.

#### Order of Elements

Order of elements are as follows: title page; Abstract and key words; introduction (no heading); Materials and Methods; Results; and Discussion (or Results and Discussion); Acknowledgments; References Cited; footnotes; tables; figure legends; and figures.

The introduction should clearly state the basis of your study along with the background of the problem and a statement of purpose. The Materials and Methods section should include a clear and concise description of the study design, experimental execution, materials, and method of statistical analysis. Results should be clearly differentiated from the interpretation of your findings in the Results section or within the Results and Discussion. Cite tables and figures in numerical order as they should appear in the text. Include suggestions for direction of future studies, if appropriate.

#### Title Page

The title page should include the name, complete address, phone number, fax number, and e-mail address of corresponding author.

Include a running head of <65 characters, including author names. Example: Smith and Jones: Biological Control of *C. capitata* (no period). For more than two authors, use the senior author's name followed by et al. Example: Smith et al.: Biological Control of *C. capitata* (no period).

#### Include the section of the journal.

The title should be concise and informative. Include either the ESA approved common name or the scientific name, but not both of the subject. Common names used in the title must be listed in the ESA Common Names of Insects & Related Organisms. Do not include authors of scientific names in the title. Do not capitalize the following words in the title or subheadings: a, an, and, as, at, be, by, for, in, of, on, per, to, the. Insert (Order: Family) immediately after the name of the organism.

Affiliation line includes a complete address. If appropriate, designate current addresses for all authors by numbered footnotes (superscripted numbers) placed at the bottom of the title page. Example:

1Department of Entomology, University of Colorado, 345 East 7th Street, Denver, CO 78095.

Include all authors' names below the title. Footnote numbers are placed outside commas in multi-authored articles.

[Click here to see a sample title page](#)

#### Abstract and Key Words

**Abstract.** On a separate page, provide an abstract of fewer than 250 words. Give scientific name and authority at first mention of the subject organism. Do not cite references, figures, tables, probability levels, or results. Refer to results only in the general sense.

**Keywords.** Place three to five key words, separated by commas, on a line below the abstract. Use only singular words/noun. Spell out scientific names (e.g., spell out *Aedes albopictus* instead of *Ae. albopictus*). Do not combine different subjects as one key word (e.g., "pesticides and grass," should be two separate keywords, "pesticide, grass." Do not use scientific names and common name at the same time as one key word [e.g., use "coffee, *Coffea Arabica*" (as 2 key words) instead of coffee (*Coffea Arabica*).

Optional foreign language abstract: All articles will have an English abstract. However, to encourage international communication, authors may include a second abstract in a language other than English. (Spanish, French, German, Russian, Portuguese, Chinese, or Japanese are accepted.) It is the author's responsibility to provide an accurate, and grammatically correct non-English version. Do not repeat the keywords.

#### Methods and Results

##### Heading Levels

First-level headings are centered and boldfaced on their own line. Initial capital letters. Used to divide the manuscript into major sections (e.g., Materials and Methods, Results).

Second-level headings are flush left, boldface, and are also on their own line with initial capital letters. Second-level headings are rarely used except in taxonomic articles where multilevels of headings may be necessary.)

Third-level headings are boldfaced, paragraph indented, have initial capital letters, and are followed by a period. Third-level headings are used to divide first-level sections into smaller sections.

Fourth-level headings are italicized (but not boldfaced), paragraph indented, have initial capital letters, follow immediately after a third-level heading or start a new paragraph, and are followed by a period. Fourth-level headings are used to divide third-level sections into smaller sections.

#### In-text Citation

##### Single Author

(Smith 1993)

##### Two Authors

(Smith and Jones 1993)

##### Multiple Citations

(Smith 1996, Smith et al. 1997, Jones 1998)

**Multiple Publications by Same Author(s)**

(Smith et al. 1995a, 1995b, 1997; Jones 1996)

**Personal Communications**

(Jones 1988; L. J. Smith, personal communication). Obtain and forward (at submission) a letter of permission to use citations to personal communications (from those other than authors).

**Unpublished Data**

(L.J.S., unpublished data) for one author or (unpublished data) for all authors. Obtain and forward (at submission) a letter of permission to use citations to unpublished data (from those other than authors).

**In Press**

(Smith 1997) for in press, cite projected year of publication.

**Software**

(PROC GLM, SAS Institute 1999) for software user's manual.

**Manufacturers**

In parentheses, provide manufacturer's name and location (city, state) and model number of relevant materials and equipment. Example: (Model 3000, LI-COR, Lincoln, NE). Use generic names when possible (e.g., self-sealing plastic bags).

**Reporting Requirements for Statistical Tests**

All data reported (except for descriptive biology) must be subjected to statistical analysis. Descriptive biology should include information such as sample sizes and number of replications. Authors are responsible for the statistical method selected and for the accuracy of their data. Authors should be able to justify the use of a particular statistical test when requested by an editor. Results of statistical tests may be presented in the text, in tables, and in figures. Statistical methods should be described in Materials and Methods with appropriate references. Experimental designs should also be described fully in Materials and Methods. Descriptions should include information such as sample sizes and number of replications. See specific section in this style guide for suggestions on formatting statistical results. Only t-tests and analyses of variance require no citation. Cite the computer program user's manual in the References Cited.

**Probit/logit**

When presenting results of probit/logit analysis, these columns should be included in tables (in this order, left to right); n, slope + SE, LD (or LC) (95% CL), and chi-square. When a ratio of one LD versus another is given, it should be given with its 95% CI.

Statistical tests to show what model best fits data intended to estimate the 99.9986% level of effectiveness should be presented to justify use of any model, including the probit model. Thus, we do not recommend use of the Probit 9 without tests to show that the probit model fits the data.

**Analysis of Variance or t-test**

When presenting the results of analysis of variance or a t-test, specify F (or t) values, degrees of freedom, and P values. This information may be placed in parentheses in the text. Example: (F = 9.26; df = 4, 26; P < 0.001). If readability of the text is affected by the presence of repeated parenthetical statistical statements, place them in a table.

**Regression**

In regressions, specify the model, define all variables, and provide estimates of variances for parameters and the residual mean-square error. Italicize variables in equations and text.

**Variance and sample size**

Include an estimate of the variance and sample size for each mean regardless of the method chosen for unplanned multiple comparisons. The use of Duncan's Multiple Range Test (DMRT) is not acceptable as a mean separation test as it is no longer commonly accepted as a method for post hoc mean separation analysis.

**Model Analysis**

At the beginning of the manuscript, authors should state clearly the goals of their model construction and analysis. Evaluation by reviewers depends upon these goals and the type of model. Authors should attempt to describe the main conclusions, limitations, and sensitivity of results to assumptions. For stochastic models, describe the variability in the results.

**Modeling Guidelines**

The following guidelines pertain to any mathematical model calculated for purposes other than statistical analysis. Authors must adequately describe both model structure and model analysis. Authors must explain and justify original equations and computer programs or justify the selection of a published software package used in the computation of models. Model structure and steps in the analysis must be described in the Materials and Methods section. Without presenting extensive computer code, the text must permit an understanding of the model that would allow most mathematically inclined scientists to duplicate the work. Present all equations that represent the biology of the system being modeled. Unless their derivation is self-evident, show how the equations were derived and mention the underlying assumptions. Express how the equations are solved over time and space. Provide references for standard techniques (e.g., matrix manipulation, integration). Define all variables and parameters in each equation and describe their units (e.g., time, space, and mass). In the Materials and Methods or Results section, present the range of parameter values included in the model, and describe the uncertainty in or range of validity of these values.

**Equations**

Consult Mathematics into Type for correct formatting of equations and mathematical variables. Italicize all mathematical variables. Center more complex equations on a separate line.

**Validation or the Testing of Model Results**

Authors must state why the model did not require testing (e.g., theoretical study), why it cannot be tested (e.g., lack of data), or how it was tested. Data used for testing must be independent of data used to build or calibrate the model. Describe the data and procedures in Materials and Methods. Authors should be aware that the testing of models is an important step that should be a part of most studies.

**Structure of Computer Code**

For models solved or simulated by computers, mention the programming language and computer used. Describe the important numerical methods used in calculating the model (e.g., integration and random number generation). Mention how the program's logic and algorithms were tested and verified. When published software is computed, provide a reference and state which procedures were used. Discuss in any section of the manuscript the limitations of the published software. Original computer programs should be made available at the request of reviewers and readers.

**Gene Sequencing**

Inclusion of a GenBank/EMBL accession number for primary nucleotide and amino acid sequence data is a criterion for the acceptance of a manuscript for publication. Sequences from new species and new genes must indicate the proportion of the gene sequenced and should

include data from both strands. The accession number may be included in the original manuscript or the sequence may be provided for review and an accession number provided when the manuscript is revised. A manuscript will not be accepted for publication until the accession number is provided.

GenBank may be contacted at their website at <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Genbank/submit.html>. The EMBL Data Library may be contacted at their website at <http://www.ebi.ac.uk/embl/Submission/index.html>.

#### Reporting Taxonomy

Follow the International Code of Zoological Nomenclature, 4th ed., for taxonomic style. Center the heading that indicates the name of the taxon in bold type. Center figure numbers in parentheses under the main heading; do not use bold type. Start all synonymies at the left margin with runovers indented. Include authors and date. References must appear in References Cited section. Use telegraphic style throughout descriptions.

For Journal of Medical Entomology Authors only: Please refer to the journal's Policy on Names of Aedine Mosquito Genera and Subgenera if writing about these insects.

#### Taxonomy Headings

Use only acceptable 3rd-level subheadings such as:

- Male
- Female
- Material Examined
- Type Material
- Distribution
- Etymology
- Biology
- Discussion
- Avoid using Description as a subheading.

#### Dates

Use Roman numerals I through XII to designate month of collection. Use arabic numerals 00 through 99 to designate collection years in the 20th century. Do not abbreviate other years, including the 21st century. Express data in this format: day-month (use a Roman numeral)-year. Example: 2-V-97.

#### Locality Other than Principal Types

Start with the largest area followed by successively smaller areas separated by colons. Capitalize countries. Arrange data for each locality in the following order: count of specimens and sex or stage (as applicable), city or vicinity, date, collector, and depository. Example: MEXICO: Tamaulipas: 1 male, 1 female, Ciudad Mante, 15-III-97, K. Haack; 5 females, Ciudad Victoria, 3-VII-99, C. Hughes, MCZ. Arrange localities alphabetically. Use a semicolon to separate data for different localities. Define depositories in the Materials and Methods.

#### Type Material

Start description with the principal type in capital letters. Follow this immediately with count and sex of specimens (use male and female symbols if possible), then place additional data in the order of locality, date, additional data, and collector. Separate these items with commas. Example: HOLOTYPE: 1 male, Locust Grove, VA, 22-X-98, on *Cercis canadensis*, R. H. Foote. PARATYPES: 2 males, same data.

#### Voucher Specimens

Voucher specimens of arthropods serve as future reference for published names used in scientific publications. Although the deposition of voucher specimens is not required as a condition for publication, authors are encouraged to deposit specimens in an established, permanent collection and to note in the published article that the expected deposition has been made and its location. Authors should contact the curator of a voucher repository before deposition concerning the procedures required for curation to ensure that the collection will accept the voucher materials. The designation and proper labeling of voucher specimens is the author's responsibility. When available, at least three specimens should be deposited. Each specimen should have the following information provided at the time of deposition:

Standard label data that are required for the specimens collection (i.e., locality, date of collection, collector, host, ecological data, whether the specimen is from a laboratory collection, etc.).

An identification label that includes the identifier and date of identification.

A label that designates the specimen as "voucher."

#### Acknowledgments

Place the acknowledgments after the text. Organize acknowledgments in paragraph form in the following order: persons (omit all professional titles and degrees), groups, granting institutions, grant numbers, and serial publication number.

#### Human and Animal Use in Research and Testing

For research articles that involved the use of humans or animals, the Entomological Society of America requires that the following types of notification, as applicable, be included in the acknowledgement section of the article.

*Humans.* All human subjects work should reference approved Internal Review Board protocols or compliance with Health Insurance Portability and Accountability Act information policies for their organization, if the protocols are not available.

*Animals.* All studies should reference an approved Institutional Animal Care and Use Committee protocol or similar documents from their institutions. For trapping/collecting wild animals/birds, reference to collecting permits at the national or state level should be referenced.

*Pathogens.* Reference should be made to Biological Use Authorization approved by an institutional Environmental Health and Safety committee or similar body.

*Sample notification:* The collection and infection of wild birds with encephalitis viruses was done under Protocol 11184 approved by the Institutional Animal Care and Use Committee of the University of California, Davis, California Resident Scientific Collection Permit 801049-02 by the State of California Department of Fish and Game, and Federal Fish and Wildlife Permit No. MB082812-0. Use of arboviruses was approved under Biological Use Authorization #0554 by Environmental Health and Safety of the University of California, Davis, and USDA Permit #47901.

#### Disclosure of Potential Conflicts of Interest

Potential conflicts of interest include any relationships of a financial or personal nature between an author or coauthor and individuals or organizations within three years of submission which, in theory, could affect or bias an author's scientific judgment, or limit an author's freedom to publish, analyze, discuss, or interpret relevant data. Sources of financial support originating outside the coauthors' home institution(s) for any aspect of a study must be indicated in the Acknowledgments section of the paper. Financial support includes not only funding, but gratis provision of materials, services, or equipment. Any additional potential conflicts of interest, not covered in the

acknowledgments of financial support, must be revealed to the editor at submission, and disclosed in a statement immediately following the Acknowledgments. If an author or coauthor has entered into an agreement with any entity outside that authors' home institution, including the home institution of another coauthor, giving that entity veto power over publication of the study or over presentation, analysis, discussion, or interpretation of any results of the study, whether or not such veto power was exercised, this information must be disclosed in a statement immediately following the Acknowledgments. As a suggestion, such a statement could take the following form: "This manuscript is published with the concurrence of [Institution / Company / Individual / etc. X]." If no potential conflicts of interest exist, this must be stated in the cover letter to the editor at submission.

In the case of submissions to Arthropod Management Tests, in lieu of the above, authors must include, when applicable, the statement, "This research was supported by industry gift(s) of [pesticide and/or research funding]."

#### **References Cited**

Cite only those articles published or formally accepted for publication (in press). Include all references mentioned in text. Include enough information to allow reader to obtain cited material (e.g., book and proceedings citations must include name and location [city and state or country] of publisher).

Abbreviate journal titles according to the most recent issue of BIOSIS Serial Sources. For non-English titled journals that are cited in the references, the title of the journal should be spelled out, and not abbreviated. Systematics-related articles may specify that all serial titles be spelled out for final publication. Citations and References should not be numbered.

**References Cited: Alphabetical order** (chronological for one author or more than two authors, and alphabetical order [by surname of second author] for two authors)

#### **Journal Articles**

**Evans, M. A. 2000.** Article title: subtitle (begin with lowercase after colon or dash unless first word is a proper noun). J. Abbr. 00:000–000.

**Evans, M. A. 2001a.** Article title. J. Abbr. 00: 000–000.

**Evans, M. A. 2001b.** Article title. J. Abbr. 00: 000–000.

**Evans, M. A., and R. Burns. 2001.** Article title. J. Abbr. 00: 000–000.

**Evans, M. A., and A. Tyler. 2001.** Article title. J. Abbr. 00: 000–000.

**Evans, M. A., A. Tyler, and H. H. Munro. 2000.** Article title. J. Abbr. 00: 000–000.

**Evans, M. A., R. Burns, and A. A. Dunn. 2001.** Article title. J. Abbr. 00: 000–000.

#### **In Press**

**Evans, M. A. 2002.** Article title. J. Econ. Entomol. (in press).

#### **Books**

**Burns, R. 2001.** Title (initial cap only): subtitle (no initial cap after colon). Publisher, city, state abbreviation or country.

**Evans, M. A. 2001.** Colorado potato beetle, 2nd ed. Publisher, city, state abbreviation or country.

**Tyler, A. 2001.** Western corn rootworm, vol. 2. Publisher, city, state abbreviation or country.

#### **Article/Chapter in Book**

**Tyler, A. 2001.** Article or chapter title, pp. 000–000. In T.A.J. Royer and R. B. Burns (eds.), Book title. Publisher, city, state abbreviation or country.

**Tyler, A., R.S.T. Smith, and H. Brown. 2001.** Onion thrips control, pp. 178–195. In R. S. Green and P. W. White (eds.), Book title, vol. 13. Entomological Society of America, Lanham, MD.

#### **No Author Given**

(USDA) U.S. Department of Agriculture. 2001. Title. USDA, Beltsville, MD.

(IRRI) International Rice Research Institute. 2001. Title. IRRI, City, State or Country.

#### **Patents**

**Harred, J. F., A. R. Knight, and J. S. McIntyre, inventors; Dow Chemical Company, assignee. 1972** Apr 4. Epoxidation process. U.S. patent 3,654,317.

#### **Proceedings**

**Martin, P. D., J. Kuhlman, and S. Moore. 2001.** Yield effects of European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) feeding, pp. 345–356. In Proceedings, 19th Illinois Cooperative Extension Service Spray School, 24–27 June 1985, Chicago, IL. Publisher, City, State.

**Rossignol, P. A. 2001.** Parasite modification of mosquito probing behavior, pp. 25–28. In T. W. Scott and J. Grumstrup-Scott (eds.), Proceedings, Symposium: the Role of Vector-Host Interactions in Disease Transmission. National Conference of the Entomological Society of America, 10 December 1985, Hollywood, FL. Miscellaneous Publication 68. Entomological Society of America, Lanham, MD.

#### **Theses/Dissertations**

**James, H. 2001.** Thesis or dissertation title. M.S. thesis or Ph.D. dissertation, University of Pennsylvania, Philadelphia.

#### **Software**

**SAS Institute. 2001.** PROC user's manual, version 6th ed. SAS Institute, Cary, NC.

#### **Online Citations**

**Reisen, W. 2001.** Title. Complete URL (protocol://host.name/path/file.name) and/or DOI (Digital Object Identifier)

#### **Tables**

Place tables after the References Cited section. Double-space and number all tables. Boldface table title. Do not repeat data already presented in text. If a table continues on more than one page, repeat column headings on subsequent page(s).

**Title**

Title should be short and descriptive. Boldface table number and title only. Include "means + SEM" in title if applicable. Do not footnote title; use the unlettered first footnote to include general information necessary to understand the table (e.g., define terms, abbreviations, and statistical tests).

**Lines**

Use horizontal lines to separate title from column headings, column headings from data field, and data field from footnotes. Do not use vertical lines to separate columns. All columns must have headings.

**Abbreviations**

Use approved abbreviations. Use abbreviations already defined in the text and define others in the general footnote. Use the following abbreviations in the body or column headings of tables only: amt (amount), avg (average), concn (concentration), diam (diameter), exp (experiment), ht (height), max (maximum), min. (minimum), no. (number), prepn (preparation), temp (temperature), vs (versus), vol (volume), wt (weight). Use the following abbreviations for months: Jan., Feb., Mar., April, May, June, July, Aug., Sept., Oct., Nov., and Dec.

**Operational Signs**

Repeat operational signs throughout data field. Insert a space on either side of sign ( $1.42 \pm 1.36$ ).

**Spacing**

Leave no space between lowercase letters and their preceding values (e.g., 731.2ab).

**Footnotes to Tables**

Use footnotes to define or clarify column headings or specific datum within the data field. Do not footnote the title; use the unlettered first footnote to include general information necessary to understand the table (e.g., define terms, abbreviations, and statistical tests). The use of asterisks is reserved for statistical significance only.

Example:

Means within a column followed by the same letter are not significantly different ( $P < 0.05$ ; Student t-test [Abbott 1925]). \*,  $P < 0.05$ ; \*\*,  $P < 0.01$ ; \*\*\*,  $P < 0.001$ ; NS, not significant).

Use lowercase italicized superscripted letters to indicate footnotes. Footnote letters should appear in the table in consecutive order, from left to right across the table then down the page.

**Figures**

Figures may be embedded in the manuscript text file for the initial Version 1 submission, but for accepted manuscripts of Version 2 or higher, figures must be attached as separate TIFF, EPS, or PowerPoint files.

For more information on preparing digital figures see the section on Digital Art Preparation.

For review purposes, it is acceptable to include figures, whether in black and white or color, as part of the manuscript file, with each figure on a separate page. Figures should be inserted in the manuscript file in one of the following formats: TIFF, EPS, WMF, or JPEG. GIF formats, such as from websites, are not acceptable and produce poor quality printouts because of low resolution, even for peer review purposes. Charts from Excel and SigmaPlot should not be inserted unless they are in one of the above formats.

**Figure Preparation**

Although figures of any size can be submitted, figures that fit exactly the width of 1 column (72 mm) or 2 columns (148 mm) expedite the publication process. Figures should be no longer than 195 mm from top to bottom. Separate parts of the same figure must be grouped together and arranged to use space efficiently. Wherever possible, it is best to avoid using a full page for a set of illustrations. That is, authors should attempt to have each figure appear separately from the others and should consider numbering illustrations as separate figures rather than as multiple parts of the same figure.

When choosing a font size, remember that it should be large enough so that reduction to fit the journal page will not make lettering difficult to read. Final lettering size should be 8 or 9 point using the fonts Arial or Helvetica or Times New Roman or Times Roman. Letter locants on figures composed of more than one element should match those in the text (either upper- or lowercase). Use a scale bar in lieu of magnification, and define scale in the figure caption. Figures will not be relettered nor will flaws be corrected.

Authors are urged to refer to our Digital Art Preparation section for detailed information and specifications for on preparing digital art. Or, contact the publications office at 301-731-4535, ext. 3020 or pubs@entsoc.org with questions concerning the preparation of artwork.

**Photographs**

See the Digital Art Preparation section on how to submit photographs. Remember to scan black and white photos as grayscale and not color. For color photos, use the CMYK color mode, not RGB. Save photos in the TIFF format.

**Abbreviations and Symbols**

Abbreviations and symbols in figures should match those in the text or be defined in legends.

**Figure Captions**

Type all captions double-spaced on a separate page. All captions should be in paragraph form as shown by the example below.

**Fig. 1.** Relationship between percentage of defoliation of oak trees and gypsy moth population density. (A) Defoliation and egg mass density. (B) Defoliation of egg density.

Letter locants on figures composed of more than one element should match those in the text (either upper- or lowercase). Do not use equal signs to define abbreviations; use commas (e.g., Ap, barometric pressure).

**Supplemental Material**

Supplemental Material may be submitted in the form of one or more (8 maximum) files to accompany the online version of an article. Such material often consists of large tables, data sets, or videos which normally are not possible or convenient to present in print media. Supplemental Material represents substantive information to be posted on the ESA journal website that enhances and enriches the information presented in the main body of a paper. However, the paper must stand on its own without the need for the reader to access the supplemental information to understand and judge the merits of the paper. Any files containing Supplemental Material must be provided at the time of manuscript submission, and will be distributed to reviewers as part of the normal peer-review process. Authors should alert the editor to the presence of Supplementary Material in their cover letter at submission. Once a paper is published, the content of accompanying Supplemental Material files cannot be altered. Although the content of any submitted Supplementary Material is subject to normal peer-review and any changes required by the editor, no copy editing will be performed by the journal's production staff. Therefore, the authors are responsible for suitable format and final appearance of Supplemental Material after acceptance of the paper.

Supplemental Material should be referenced in the body of the main paper (e.g., Supp. Table S1; Supp. Video S1), where a link will take the online reader to the file. Each supplemental file must be labeled with an appropriate title and prefaced by a short (50 words maximum) summary description of the contents. Within each file, any tables, figures, videos, or other material must be accompanied by an appropriate



caption. Citations for any literature referenced within a Supplemental Material file should be listed in a References Cited section at the end of the file, even when a citation is duplicated in the main body of the paper. Videos should be brief (< 5 min) and kept to a reasonable size to facilitate downloading by readers.

## Notes on Terminology

### Scientific Names

Scientific names and authorities must be spelled out (except for Fabricius and Linnaeus, which are abbreviated as F. and L., respectively) the first time a species is mentioned in the abstract and again in the main body of text.

### Common Names

Use only those common names cited in the current ESA Common Names of Insects & Related Organisms online database, or those names approved by the ESA Common Names Committee. Do not use any other common name. Do not abbreviate common names (e.g., CPB for Colorado potato beetle).

Give scientific name and authority at first mention of each organism (including plants) in the abstract and again in the text.

### Use of "Stadium," "Stage," and "Instar"

Manuscripts received for publication in ESA periodicals refer to arthropods and the periods of time in their development in various ways. These designations should be used consistently.

**Stadium (Plural: Stadia):** The period of time between two successive molts.

**Stage:** One of the successive principal divisions in the life cycle of an arthropod (e.g., egg, nymph, larva, prepupa, pupa, subimago, and adult).

**Instar:** The arthropod itself between two successive molts. For the purposes of the definition, hatching is considered a molt.

Examples of Usage:

Nymphs feed on the underside of leaves during the first stadium.

Larvae of some dermestids go through an indefinite number of stadia (or have an indefinite number of instars).

The nymphs were reared through the fifth stadium. Immature stages (e.g., eggs, larvae, and pupae; eggs and nymphs) are illustrated.

First instar of cerambycids make galleries in wood.

Some 200 first-instar spiderlings were collected. The predators fed readily on early instars of the face fly.

## Notes on Formatting

### Capitalization

Do not capitalize the following words in titles or subheadings: a, an, and, as, at, be, by, for, in, of, on, per, to, the.

### Abbreviations

Use standard abbreviations as listed in the Council of Biology Editors' Scientific Style and Format, The CBE Manual for Authors, Editors, and Publishers, 6th ed., or those listed in this guide. Avoid nonstandard abbreviations.

### Abbreviations for Time

Use the following abbreviations for time: h (hour), min (minute), s (second), yr (year), mo (month), wk (week), d (day). Do not add "s" to create plurals (e.g., wks).

### Fig./Figs.

Use "Fig." if singular and "Figs." if plural (e.g., Fig. 1; Figs. 2 and 3).

### Dates

When citing dates in the text (not in tables or taxonomic reports), do not abbreviate month, and use this format: 26 January 1997.

### Metric Units

Use metric units. English units may follow within parentheses only if they are of direct practical purpose.

### Liter

Do not abbreviate "liter" by itself or when accompanied by a numeral.

### % versus percentage

Use "%" only with numerals and in tables and figures. Close up space to numerals (e.g., 50%). Otherwise, use the word percentage (e.g., percentage of defoliation).

### Per versus slash

Use "per" rather than a slash unless reporting measurements in unit to unit (e.g., insects per branch, not insects/branch; but g/cm<sup>2</sup>, not g per cm<sup>2</sup>).

### Numbers

Spell out numbers at the beginning of a sentence. Spell out the numbers one through nine (10 and up are always used as numerals), unless they are used as units of measure (e.g., eight children, three dogs, 8 g, 3 ft, 0600 hours; NOT 8 children, 3 dogs, eight grams, three feet, or six o'clock am). This includes spelling out the ordinals first through ninth, along with twofold, one-way ANOVA, and one-half. Ordinals from 10 and higher are numerals, such as 10th or 51st. In some cases, such as where there is a long list of items (e.g., 8 flies, 6 mosquitoes, 4 butterflies, and 10 bees), exceptions can be made if the editor concurs. The editorial staff will have flexibility in interpreting the rule.

### Zeros with P values

All numbers <1 must be preceded by a zero (e.g., P < 0.05).

### Commas

When a number is >1,000, use a comma to separate hundreds from thousands.

### Semicolon

Use a semicolon to separate different types of citations (Fig. 4; Table 2).

### Repeating symbols

It is not necessary to repeat symbols or units of measure in a series (e.g., 30, 40, and 60%, respectively).

### Footnotes to the Text

Avoid footnotes in the text. Use unnumbered footnotes only for disclaimers and animal use information. Place all footnotes on a separate page after References Cited. Examples of footnotes are:

This article reports the results of research only. Mention of a proprietary product does not constitute an endorsement or a recommendation by the USDA for its use.

In conducting the research described in this report, the investigators adhered to the "Guide for the Care and Use of Laboratory Animals," as promulgated by the Committee on Care and Use of Laboratory Animals of the Institute of Laboratory Animal Resources, National Research Council. The facilities are fully accredited by the American Association of Laboratory Animal Care.



Journal of Essential Oil  
Research

## Instructions for authors

This journal uses ScholarOne Manuscripts (previously Manuscript Central) to peer review manuscript submissions. Please read the guide for ScholarOne authors before making a submission. Complete guidelines for preparing and submitting your manuscript to this journal are provided below.

Use these instructions if you are preparing a manuscript to submit to *Journal of Essential Oil Research*. To explore our journals portfolio, visit <http://www.tandfonline.com/>, and for more author resources, visit our Author Services website.

*Journal of Essential Oil Research* considers all manuscripts on the strict condition that

- the manuscript is your own original work, and does not duplicate any other previously published work, including your own previously published work.
- the manuscript has been submitted only to *Journal of Essential Oil Research*; it is not under consideration or peer review or accepted for publication or in press or published elsewhere.
- the manuscript contains nothing that is abusive, defamatory, libellous, obscene, fraudulent, or illegal.

Please note that *Journal of Essential Oil Research* uses CrossCheck™ software to screen manuscripts for unoriginal material. By submitting your manuscript to *Journal of Essential Oil Research* you are agreeing to any necessary originality checks your manuscript may have to undergo during the peer-review and production processes.

Any author who fails to adhere to the above conditions will be charged with costs which *Journal of Essential Oil Research* incurs for their manuscript at the discretion of *Journal of Essential Oil Research*'s Editors and Taylor & Francis, and their manuscript will be rejected.

**This journal is compliant with the Research Councils UK OA policy. Please see the licence options and embargo periods here .**

## Contents List

### Manuscript preparation

1. General guidelines
  2. Style guidelines
  3. Figures
  4. Publication charges
    - Submission fee
    - Page charges
    - Colour charges
- Reproduction of copyright material  
Supplemental online material

### Manuscript submission

#### Copyright and authors' rights

#### Free article access

#### Reprints and journal copies

#### Open access

## Manuscript preparation

### 1. General guidelines

- Manuscripts are accepted in English. American English spelling and punctuation are preferred. Please use single quotation marks, except where 'a quotation is "within" a quotation'. Long quotations of 40 words or more should be indented without quotation marks.
- Manuscripts should be compiled in the following order: title page; abstract; keywords; main text; acknowledgements; references; appendices (as appropriate); table(s) with caption(s) (on individual pages); figure caption(s) (as a list).
- Abstracts of 150 words are required for all manuscripts submitted.
- Each manuscript should have 3 to 6 keywords. JEL Codes to be included if appropriate.

- Search engine optimization (SEO) is a means of making your article more visible to anyone who might be looking for it. Please consult our guidance here .
- Section headings should be concise.
- All authors of a manuscript should include their full names, affiliations, postal addresses, telephone numbers and email addresses on the cover page of the manuscript. One author should be identified as the corresponding author. Please give the affiliation where the research was conducted. If any of the named co-authors moves affiliation during the peer review process, the new affiliation can be given as a footnote. Please note that no changes to affiliation can be made after the manuscript is accepted. Please note that the email address of the corresponding author will normally be displayed in the article PDF (depending on the journal style) and the online article.
- All persons who have a reasonable claim to authorship must be named in the manuscript as co-authors; the corresponding author must be authorized by all co-authors to act as an agent on their behalf in all matters pertaining to publication of the manuscript, and the order of names should be agreed by all authors.
- Biographical notes on contributors are not required for this journal.
- Please supply all details required by any funding and grant-awarding bodies as an Acknowledgement on the title page of the manuscript, in a separate paragraph, as follows:
  - *For single agency grants:* "This work was supported by the [Funding Agency] under Grant [number xxxx]."
  - *For multiple agency grants:* "This work was supported by the [Funding Agency 1] under Grant [number xxxx]; [Funding Agency 2] under Grant [number xxxx]; and [Funding Agency 3] under Grant [number xxxx]."

Authors must also incorporate a Disclosure Statement which will acknowledge any financial interest or benefit they have arising from the direct applications of their research.

For all manuscripts non-discriminatory language is mandatory. Sexist or racist terms must not be used.

Authors must adhere to SI units . Units are not italicised.

When using a word which is or is asserted to be a proprietary term or trade mark, authors must use the symbol ® or TM.

°C – there should NOT be a gap between the number and this.

'hours', 'minutes', and 'seconds' should NOT be abbreviated, please leave them full.

Any equations such as this: 30 m × 0.25 mm should have a space before and after the multiplication sign: 30 m × 0.25 mm.

When marking the endnote markers, please make sure there is a space separating the numbers, e.g.: "... including the toxigenic species (13, 14, 15)."

Please make sure if there is text underneath a table, that it starts "Note" or "Notes".

## 2. Style guidelines

- Description of the journal's style
- Guide to using mathematical scripts and equations
- Word templates are available for this journal. If you are not able to use the template via the links or if you have any other template queries, please contact [authortemplate@tandf.co.uk](mailto:authortemplate@tandf.co.uk).

## 3. Figures

- Please provide the highest quality figure format possible. Please be sure that all imported scanned material is scanned at the appropriate resolution: 1200 dpi for line art, 600 dpi for grayscale and 300 dpi for colour.
- Figures must be saved separate to text. Please do not embed figures in the manuscript file.
- Files should be saved as one of the following formats: TIFF (tagged image file format), PostScript or EPS (encapsulated PostScript), and should contain all the necessary font information and the source file of the application (e.g. CorelDraw/Mac, CorelDraw/PC).
- All figures must be numbered in the order in which they appear in the manuscript (e.g. Figure 1, Figure 2). In multi-part figures, each part should be labelled (e.g. Figure 1(a), Figure 1(b)).
- Figure captions must be saved separately, as part of the file containing the complete text of the manuscript, and numbered correspondingly.
- The filename for a graphic should be descriptive of the graphic, e.g. Figure1, Figure2a.

## 4. Publication charges

Submission fee

There is no submission fee for *Journal of Essential Oil Research* .

Page charges

There are no page charges for *Journal of Essential Oil Research* .

Colour charges

Authors should restrict their use of colour to situations where it is necessary on scientific, and not merely cosmetic, grounds. Colour figures will be reproduced in colour in the online edition of the journal free of charge. If it is necessary for the figures to be reproduced in colour in the print version, a charge will apply. Charges for colour pages are £250 per figure (\$395 US Dollars; \$385 Australian Dollars; 315 Euros). If you wish to have more than 4 colour figures, figures 5 and above will be charged at £50 per figure (\$80 US Dollars; \$75 Australian Dollars; 63 Euros). Waivers may apply for some articles – please consult the Production Editor regarding waivers. Depending on your location, these charges may be subject to Value Added Tax .

## 5. Reproduction of copyright material

If you wish to include any material in your manuscript in which you do not hold copyright, you must obtain written permission from the copyright owner, prior to submission. Such material may be in the form of text, data, table, illustration, photograph, line drawing, audio clip, video clip, film still, and screenshot, and any supplemental material you propose to include. This applies to direct (verbatim or facsimile) reproduction as well as “derivative reproduction” (where you have created a new figure or table which derives substantially from a copyrighted source).

You must ensure appropriate acknowledgement is given to the permission granted to you for reuse by the copyright holder in each figure or table caption. You are solely responsible for any fees which the copyright holder may charge for reuse.

The reproduction of short extracts of text, excluding poetry and song lyrics, for the purposes of criticism may be possible without formal permission on the basis that the quotation is reproduced accurately and full attribution is given.

For further information and FAQs on the reproduction of copyright material, please consult our [Guide](#).

## 6. Supplemental online material

Authors are encouraged to submit animations, movie files, sound files or any additional information for online publication.

- Information about supplemental online material

## Manuscript submission

All submissions should be made online at the *Journal of Essential Oil Research* [Scholar One Manuscripts](#) website. New users should first create an account. Once logged on to the site, submissions should be made via the Author Centre. Online user guides and access to a helpdesk are available on this website.

Manuscripts may be submitted in any standard editable format, including Word and EndNote. These files will be automatically converted into a PDF file for the review process. LaTeX files should be converted to PDF prior to submission because ScholarOne Manuscripts is not able to convert LaTeX files into PDFs directly. All LaTeX source files should be uploaded alongside the PDF.

Click [here](#) for information regarding anonymous peer review.

## Copyright and author's rights

To assure the integrity, dissemination, and protection against copyright infringement of published articles, you will be asked to assign us, via a Publishing Agreement, the copyright in your article. Your Article is defined as the final, definitive, and citable Version of Record, and includes: (a) the accepted manuscript in its final form, including the abstract, text, bibliography, and all accompanying tables, illustrations, data; and (b) any supplemental material hosted by Taylor & Francis. Our Publishing Agreement with you will constitute the entire agreement and the sole understanding between you and us; no amendment, addendum, or other communication will be taken into account when interpreting your and our rights and obligations under this Agreement.

Copyright policy is explained in detail [here](#).

## Free article access

As an author, you will receive free access to your article on Taylor & Francis Online. You will be given access to the *My authored works* section of Taylor & Francis Online, which shows you all your published articles. You can easily view, read, and download your published articles from there. In addition, if someone has cited your article, you will be able to see this information. We are committed to promoting and increasing the visibility of your article and have provided [guidance on how you can help](#). Also within *My authored works*, author eprints allow you as an author to quickly and easily give anyone free access to the electronic version of your article so that your friends and contacts can read and download your published article for free. This applies to all authors (not just the corresponding author).

## Reprints and journal copies

Article reprints can be ordered through Rightslink® when you receive your proofs. If you have any queries about reprints, please contact the Taylor & Francis Author Services team at [reprints@tandf.co.uk](mailto:reprints@tandf.co.uk). To order a copy of the issue containing your article, please contact our Customer Services team at [Adhoc@tandf.co.uk](mailto:Adhoc@tandf.co.uk).

## Open Access

Taylor & Francis Open Select provides authors or their research sponsors and funders with the option of paying a publishing fee and thereby making an article permanently available for free online access – *open access* – immediately on publication to anyone, anywhere, at any time. This option is made available once an article has been accepted in peer review.

[Full details of our Open Access programme](#)

Last updated 04/12/2013



Visit our [Author Services website](#) for further resources and guides to the complete publication process and beyond.

## Author Guidelines

If your paper is accepted, the author identified as the formal corresponding author for the paper will receive an email prompting them to login into Author Services; where via the Wiley Author Licensing Service (WALS) they will be able to complete the license agreement on behalf of all authors on the paper.

### For authors signing the copyright transfer agreement

If the OnlineOpen option is not selected the corresponding author will be presented with the copyright transfer agreement (CTA) to sign. The terms and conditions of the CTA can be previewed in the samples associated with the Copyright FAQs below:

CTA Terms and Conditions [http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs\\_copyright.asp](http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs_copyright.asp)

### For authors choosing OnlineOpen

If the OnlineOpen option is selected the corresponding author will have a choice of the following Creative Commons License Open Access Agreements (OAA):

- Creative Commons Attribution License OAA
- Creative Commons Attribution Non-Commercial License OAA
- Creative Commons Attribution Non-Commercial -NoDerivs License OAA

To preview the terms and conditions of these open access agreements please visit the Copyright FAQs hosted on Wiley Author Services [http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs\\_copyright.asp](http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs_copyright.asp) and visit <http://www.wileyopenaccess.com/details/content/12f25db4c87/Copyright--License.html>.

If you select the OnlineOpen option and your research is funded by The Wellcome Trust and members of the Research Councils UK (RCUK) you will be given the opportunity to publish your article under a CC-BY license supporting you in complying with Wellcome Trust and Research Councils UK requirements. For more information on this policy and the Journal's compliant self-archiving policy please visit: <http://www.wiley.com/go/funderstatement>.

## Author Guidelines

### 1 GENERAL

*Pest Management Science* accepts papers that deal with all aspects of science pertaining to the management of pests. Examples of topics covered by the journal can be found in the Aims & Scope

Papers on products of uncertain chemical composition (e.g. crude extracts, formulations with incomplete chemical descriptions) or unknown or unclear active ingredients are not accepted.

*Pest Management Science* operates an online submission system. Details of how to submit online and full author instructions can be found at: <http://mc.manuscriptcentral.com/pm-wiley>. Referees may ask to see hard copies of electronic figures for clarification; these must be available immediately on request.

For enquiries regarding submissions please contact the Editorial Office at [atpestmansci@wiley.com](mailto:atpestmansci@wiley.com)

Authors should notify the Editor if the paper is part of a series of papers.

Authors will receive an immediate acknowledgement of receipt of their paper followed, normally within three months, by notification of acceptance or rejection. **Inadequately or incorrectly prepared typescripts may be delayed or**

**even rejected.** Authors should refer to a recent copy of the Journal for its style and practices when preparing a manuscript and follow the instructions given below. The corresponding author must obtain the consent of all the co-authors to the submission of the paper. Papers may not be offered for publication elsewhere while under consideration by *Pest Management Science*. Manuscripts must be in clear, concise English. If possible, papers should be checked by a native English speaker.

Authors for whom English is a second language may choose to have their manuscript professionally edited before submission to improve the English language. A list of independent suppliers of editing services can be found at [http://www.blackwellpublishing.com/bauthor/english\\_language.asp](http://www.blackwellpublishing.com/bauthor/english_language.asp) **Japanese authors can also find a list of local English improvement services** at <http://www.wiley.co.jp/journals/editcontribute.html> All services are paid for and arranged by the author, and use of one of these services does not guarantee acceptance or preference for publication.

**Note to NIH Grantees:** Pursuant to NIH mandate, Wiley-Blackwell will post the accepted version of contributions authored by NIH grant-holders to PubMed Central upon acceptance. This accepted version will be made publicly available 12 months after publication. For further information, see [www.wiley.com/go/nihmandate](http://www.wiley.com/go/nihmandate).

## 2 FRONT MATTER

Front-end content articles are commissioned. Unsolicited reviews and perspectives are not accepted. However, if you wish to write such a paper please contact the Editor-in-Chief, via the Editorial Office, with a brief description of what you have in mind for consideration by the Editorial Board. Once a paper is commissioned or if a proposal is accepted, detailed format guidelines will be provided. In general, the Journal prefers lively pieces of interest to a wider audience. All articles are subject to peer review.

### Spotlight

A Spotlight is a brief, lightly referenced article about an outstanding area, newsworthy advance or event in the field. Spotlights may report on the contemporary significance of new or established experimental methodologies and discoveries. These articles should be written in a lively and accessible style, be accompanied by a one-sentence abstract, a provocative image and caption and generally should not exceed 6 double-spaced manuscript pages (including tables and figures).

### Perspective

A Perspective is a lightly referenced scholarly opinion piece about current or future directions in the field. A Perspective can serve to assess the science directly concerned with a particular topic or report on relevant issues that may arise from the discipline (for example, policy, effects on society, regulatory issues and controversies). Perspectives that address interdisciplinary research areas or experimental results with significance to a broader audience are of particular interest to the Editors. The Perspective should be accompanied by an abstract and generally range from 6 to 12 double-spaced manuscript pages (including tables and figures).

### Mini-review

A Mini-review is a sharply focused summary and assessment of the relevant literature concerning any topic covered within the Aims and Scope of the Journal. These reviews are particularly effective when discussing cutting-edge advancements in the discipline. Mini-reviews should be accompanied by an abstract, are generally no longer than 14 double-spaced manuscript pages (including tables and figures), and are selectively referenced.

### Review

A full-length critical Review provides a summary and discussion of the relevant literature about any topic covered within the Aims and Scope of the Journal. Reviews should be accompanied by an abstract and should be a maximum of 6000 words excluding references and tables.

### In Focus

The *In Focus* section presents a collection of articles (full papers and/or other article types) by different research groups on a theme of interest to the Journal's readership. These themes will be linked to the Journal's Aims and Scope, as well as to novel subjects or techniques. *In Focus* themes and articles are generally solicited by the Journal's Editors or by a guest editor with particular expertise, but ideas are also welcome.

### 3 LAYOUT OF PAPERS

Layout will depend on the content but the below is suitable for most research papers.

**Title** This should be concise, reasonably specific and explain the nature of the work. In general, use scientific names for specific pests, pathogens, weeds and so on. State in a footnote if the paper was given, in whole or part, at a scientific meeting. If the paper is a part of a series, the full reference of the previous part should be given in a footnote on the title page.

**Running title** An abbreviated running title of up to 80 characters should also be provided.

**Authors' names** These must each have one forename in full and initials for any further forenames (for example, Arthur B Smith). Give the full address(es) **where the work was done**, and the name, address, phone and fax numbers (and e-mail address where available) of the corresponding author to whom correspondence and proofs are to be sent.

**Abstract** For original research articles, we now require a compound abstract. This must contain fewer than 200 words in a three-part format with three uppercase headed sections. **BACKGROUND:** provides a rationale for the study (understandable to a broad audience) and states the main aim(s). **RESULTS:** describes the main findings, including important numerical values. **CONCLUSION:** provides the main conclusions, including why the results are significant and advance the field.

For other article types the abstract is not structured in three parts but must be informative yet concise, give essential information such as the purpose of the paper, and be intelligible without reference to the paper itself. It should not normally exceed 150-200 words (abstracts for Perspectives should be briefer, and for Spotlights, should not exceed 1-2 sentences). Authors should remember that the abstract is often the only portion of a paper read (as in abstracting journals) and the use of unusual acronyms or abbreviations should be avoided.

**Key words** Appropriate key words (4-6) should be provided for indexing, abstracting and online searching.

**Headings** Sections should be numbered thus: **1 FOR MAIN HEADINGS ; 1.1 For headings ; 1.1.1 For sub-headings**.

**Introduction** Give the aim of the investigations and a brief statement of previous relevant work with references. A trade mark of a pesticide may be mentioned **once** in the paper, either in the Introduction or the Experimental section; otherwise, use the ISO common name or full chemical name (see Section 4 *h* below).

**Experimental methods** State clearly, in sufficient detail to permit the work to be repeated, the methods and materials used. Only new techniques need to be described in detail but known methods must have adequate references. State the type and strength of formulations. The name and location of suppliers/manufacturers of equipment, chemicals, etc, should be provided. The details should be given at first mention, then subsequently only the supplier's/manufacture's name. Express quantities thus: 'The foliage (25 g) was blended with acetone (60 ml) for 5 min, the mixture filtered, water (200 ml) added to the filtrate, and the liquid extracted with dichloro-methane (4x30 ml)'. Express mixed solvents thus: hexane+acetone (4+1 by volume). State the number of replicates used for bioassays, and the life-stage, sex, weight and age (if possible) of pests.

**Results** Present these concisely, using tables or illustrations for clarity; do not list the results again in the text. **Give adequate indication of the level of experimental error and the statistical significance of the results.** Do not

overestimate the precision of your measurements. Papers on residue analysis must state the efficiency of recovery. Only in exceptional circumstances will both tables and illustrations based on them be accepted. Give residue levels in  $\text{mg kg}^{-1}$  and not ppm. Include analytical and spectroscopic data only if they give essential evidence on the structure of compounds and use tables whenever possible (see also Section 4). It is permissible to combine the Experimental Methods and Results sections when appropriate to do so.

*Discussion* Usually the Results should be followed by a concise section to discuss and interpret them. A combined Results and Discussion section sometimes simplifies the presentation.

*Conclusions* Do not merely repeat content of preceding sections. The Discussion and Conclusions sections may be merged.

*Acknowledgements* Keep these to the absolute minimum.

*References* Check these carefully for accuracy and follow the correct style (see Section 4 f).

*Supporting Information - Pest Management Science* accepts submission of supporting information. Supporting information may include extensive tables, graphs, spectra, calculations, and other material beyond that which is essential to the printed paper. This will be included in the Web edition of the Journal. It will not be part of the printed article but can be accessed separately on the Web by Readers. Supporting information should be denoted as such when submitting via Manuscript Central. It should be uploaded as a separate file, at the time the manuscript is submitted for peer review.

#### 4 MANUSCRIPTS

( a ) *Typing* Type in **double spacing**, using at least a 10 cpi or 12 point font, leaving adequate margins. Each page should be numbered. Text lines should be numbered, with the numbers restarting on each page. Underline (to indicate italicization) no part of the text or headings unless it is absolutely necessary, i.e. for emphasis, genera and species names, some chemical descriptors and journal titles. Do **not** underline headings.

( b ) *Tables* Number tables consecutively using arabic numerals and supply each table on a separate sheet. Keep the number of columns as few as possible and the titles of the tables concise. Units should appear in parentheses in the column heading and not in the body of the table. Give essential details as footnotes, each identified by an alphabetical superscript (e.g. <sup>a</sup>Minimum inhibitory concentration). The results must be easy to follow without horizontal lines between entries.

( c ) *Chemical structures* Number these with bold arabic numerals ( **1** , **2** ) and submit them as figures (see Section d ). Use  $\text{CH}_3$  ,  $\text{C}_2\text{H}_5$  etc, rather than Me, Et. Aromatic and unsaturated heterocyclic systems are shown by the presence of double bonds. Preferably use general structures, distinguishing related compounds by substitutions  $\text{R}^1$  ,  $\text{R}^2$  , etc.

( d ) *Illustrations* Include only if essential, and number the figures and photographs in a single sequence in order of appearance using arabic numerals. Keep lettering and numbering (characters) on illustrations to a minimum and include essential details in the legend. Photomicrographs must have a scale bar.

Save each figure as a separate file and include the source file (i.e. a file in the program in which the image was originally created). The figures should be of high resolution (300 dpi minimum for photos, 800 dpi minimum for graphs, drawings, etc., at the size the figure will be printed). Numbers and symbols incorporated in the figure must be large enough to be legible after reduction in figure size. We cannot publish scans or photocopied figures or accept PowerPoint, Excel, LaTeX, Roshal Archive (RAR) or Portable Document Format (PDF) files. Suitable file types include Joint Photographic Experts Group (JPEG), Tagged Image File Format (TIFF) and Microsoft Word (doc) files. You must have appropriate permission to reproduce previously published figures.



Each figure must be accompanied by a legend. A legend should consist of a concise title, followed by a brief technical description which should contain enough information to make the figure understandable without reference to the text. It should not contain methods. Symbols indicated in the figure must be identified in the legend.

Use only essential characters and insert these and any other symbols clearly; explain all symbols used and, where a key to symbols is required, please include this in the artwork itself, not in the figure legend. On graphs, include labels and units on axes. Units should be in the same form as used in the text (see section e, below). Data points should carry error bars where appropriate. Present logarithmic scales with arithmetic numbering 0.1, 1, 10, 100 rather than -1, 0, 1, 2. Avoid unnecessarily long axes that lead to large blank spaces on graphs.

**Authors should note that printing figures in colour will incur a charge.** Details are available from the Editorial Office( [pestmansci@wiley.com](mailto:pestmansci@wiley.com) ).

( e ) *Symbols, formulae and equations* Write these with great care using SI units and symbols where possible (see British Standards Publication PD 5686, 1972; part 1 of BS 1991: 1976). Common units include: concentration g m<sup>-3</sup>, mg litre<sup>-1</sup> (not ppm, nor g/cu m, not % w/w nor % w/v); molarity M (not normality); pressure as Pa or mmHg (not psi, nor Torr).

( f ) *References* Format references in the Vancouver style. Refer to unpublished work entirely in the text thus: (Smith AB, unpublished), (Brown CD, 1987, pers. comm.). Indicate literature references by numerical superscripts <sup>1</sup> in order of appearance <sup>2,3</sup> **after any punctuation**. <sup>4-6</sup> Each number should refer to only one reference. List the references in numerical order at the end of the paper, giving **all** the authors, with their initials, after the respective surname(s). Include paper titles and chapter titles in references. Abbreviate the journal title as in *Chemical Abstracts* (see detailed list in *Chemical Abstracts Service Source Index* 1978, cumulative; and quarterly supplements; if the journal is not included, give the title in full). Note carefully the style and order:

1. Hadfield ST, Sadler JK, Bolygo E, Hill S and Hill IR, Pyrethroid residues in sediment and water samples from mesocosm and farm pond studies of simulated accidental aquatic exposure. *Pestic Sci* **38** :283-294 (1993).

The journal title should be in italic and the volume number in bold. Give first and last page numbers of the reference but no part number unless there is separate pagination for each issue.

Articles published online but not yet assigned to an issue may be cited by using the DOI :

2. Schüder I, Port G and Bennison J, The behavioural response of slugs and snails to novel molluscicides, irritants and repellents. *Pest Manag Sci* DOI: 10.1002/ps.942 (2004).

Quote books as follows, taking care to include the publisher's name and the place and date of publication:

3. de Waard MA, Fungal resistance strategies in winter wheat in the Netherlands, in *Resistance '91: Achievements and Developments in Combating Pesticide Resistance*, ed. by Denholm I, Devonshire AL and Hollomon DW, Elsevier Science Publishers, London, pp. 48-60 (1992).

When quoting conference proceedings, include the organizers of the conference and also the publishers of the proceedings (if different from the organizers) and the date and place of publication. When quoting patents, give the name of the applicant, title of patent, the country, patent number (or application number) and year of publication, thus:

4. Cidaria D, Andriollo N, Cassani G, Crestani E, Spera S, Garavaglia C, Pirali G and Confalonieri G, AB021 antibiotics and process for producing them. US Patent 5 126 265 (1992).

Online citations to online-only journals and books should include the author, title, website and date of access:

5. Wright NA, *The standing of UK Histopathology Research 1997-2002*. <http://www.pathsoc.org.uk/> [accessed 7 October 2004]

All other online citations should be cited only in the text with the author's name and the website address: (Brown CD (<http://pest.ac.uk>)).

( g ) *Footnotes* Keep footnotes in the text to a minimum and indicate them by asterisks and daggers ( \* , † ).

( h ) *Nomenclature of pesticides and chemicals* Use the ISO common names of pesticides (or the BSI or ANSI name if no ISO name is available; see *The Pesticide Manual* , ed. by Tomlin C, British Crop Protection Council, Farnham, 12th edition, 2000); if there is a common name give the chemical name only if necessary for clarity. If there is no BSI common name use the compound's code number, giving the full chemical name (IUPAC nomenclature) at the first mention in the text; all names to be published in IUPAC form. Take care with chemical prefixes, for example *o* -, *O* , *O* -, *N* , *N* -, *S* -, ( *R* )-, ( *Z* )-, ( *E* )-, *sec* -, *tert* - (underline for italic), and with hyphens, numbers, punctuation and spacing, all of which are critical.

Certain other officially approved common names for medicinal and veterinary products are also permitted, including British Pharmacopoeia Commission Approved Names (BAN) and Recommended International Non-proprietary Names (rINN).

( i ) *Scientific names of organisms* Give the scientific names (with authority abbreviated as is customary, e.g. scots pine, *Pinus sylvestris* L.) of test plants or organisms, pests, disease pathogens and host species **in full** at the first mention in the abstract and in the main text, e.g. *Myzus persicae* (Sulzer). Thereafter abbreviate the scientific name in the text ( *M. persicae* ), or, if appropriate, use the common name, e.g. wheat. Give scientific names in full (without authority) in the paper title, in the headings of sections and tables, in figure captions and at the beginning of sentences. Use italic for genera and species names.

( j ) Trade or brand names of products should be confined to the Experimental Methods section only.

( k ) Avoid the use of unqualified emotive terms such as 'toxic' when describing biological activity; they should be replaced with 'active', 'fungitoxic', 'phytotoxic', 'insecticidal', 'insect toxic', etc., reflecting accurately the context of use. Similarly, be careful to differentiate between 'rate' (e.g., g ha<sup>-1</sup> ) and 'dose' (e.g., g litre<sup>-1</sup> ) and to use units applicable to the term used.

( l ) *Permission grants* If the manuscript contains extracts, including illustrations, from other copyright works (including material from online or intranet sources) it is the authors' responsibility to obtain written permission from the owners of the publishing rights to reproduce such extracts, using the Wiley Permission Request Form (<http://onlinelibrary.wiley.com/central/prf/UKsprf.pdf> ) Permission forms should be submitted with the manuscript.

## 5 PLAGIARISM

All papers are analyzed by software to detect prose from already published works. If this analysis detects an unacceptable level of similarity (from works of others and/or from previous works of the same authors), the paper will be immediately rejected.

## 6 BIOETHICS

Authors submitting a manuscript containing *in vivo* animal work should submit details of all relevant Ethics Committee approval and authorization (e.g., institute and/or government) and all relevant reference numbers.

Details will be printed as a footnote to the paper.

## 7 PROOFS

Proofs will be e-mailed as a PDF file to the corresponding author, whose email address must be supplied on the manuscript. Proofs must be corrected and returned to the publishers within 48 hours of receipt. Authors' corrections must be restricted to printer's and/or factual errors.

## 8 COPYRIGHT

Author(s) must sign a Copyright Transfer Agreement, transferring copyright of the article to the Society of Chemical Industry. Where an article is prepared jointly, the corresponding author must obtain either the signature(s) of the co-author(s) to this agreement or their written permission to sign on their behalf.

## 9 ACCEPTED ARTICLES

*Pest Management Science* now provides authors with Wiley-Blackwell's Accepted Articles service, whereby peer reviewed, accepted articles, are published online within days of acceptance, without having been copyedited or typeset. The articles are available as a PDF and can be cited using their Digital Object Identifier (DOI) numbers. For more information on DOIs, please see <http://www.doi.org.faq.html>. Please note, as Accepted Articles are not considered to be final, changes may be made after the Accepted Article online publication date. Once copyedited and typeset, the article will be removed from the Accepted Articles area and will appear instead in Early View. The implementation of the Accepted Articles service has been designed to ensure the earliest possible circulation of research papers immediately after acceptance, considerably reducing time to publication.

## 10 EARLY VIEW

*Pest Management Science* uses Wiley-Blackwell's Early View service. Early View articles are complete and final full-text articles published online in advance of their publication in a printed issue. They are fully copyedited and typeset and therefore no changes can be made after an article is published in Early View. The nature of Early View articles means that they do not yet have volume, issue or page numbers. They can be referenced and tracked before being allocated to an issue by using the Digital Object Identifier (DOI). This will be the same DOI as assigned at Accepted Article stage. After print publication, the DOI remains valid and can continue to be used to cite and access the article. For more information on DOIs, please see <http://www.doi.org.faq.html>.

## 11 OFFPRINTS

**There are no page charges.** Free access to the final PDF of the article will be available via Author Services only. Reprints can be purchased at current printing prices.

## INSTRUCTION TO AUTHORS OF RAPID REPORTS

Research results that merit very rapid publication can be submitted to the Journal as Rapid Reports. Authors must specify if the paper is being submitted as a Rapid Report and the paper must conform to the format set out below. Letters accompanying submissions **must** state clearly why the paper should be considered for rapid publication. Reports **must** be written in clear, unambiguous English and authors must check their complete manuscript very carefully prior to submission because there will be no opportunity to revise the paper. Proofs **will** be sent to the author, but these **must be returned, correcting printing errors only, within 48 hours** or the author will be assumed to have made no corrections. The corresponding author must include full contact details including telephone, fax and e-mail (or these details for an alternative contact, should the corresponding author be unreachable). The proofs **will** be checked by the Technical Editor.

In order to maintain rapid publication, a Rapid Report must be no more than three printed pages in length, including figures, tables and references. This means that the submitted paper should be shorter than 1200 words, with a maximum combination of three figures and/or tables, and a maximum of 25 references. No colour illustrations will be accepted. All figures must be of the highest quality. A copyright transfer agreement signed by all of the authors must also be submitted.

Authors will receive an immediate acknowledgement of receipt of their paper and, subsequently, notification of acceptance or rejection according to the referees' recommendations and the Executive Editorial Board's assessment. Papers must not have been made publicly available in print or electronic formats and may not be offered for publication elsewhere while under consideration by *Pest Management Science*. **The corresponding author must obtain the written consent of all the co-authors prior to submission of the paper.**